



Пространственные закономерности позднепротерозойско-кембрийских эндогенных процессов Канино-Тимано-Печорского региона

В. И. Степаненко*

Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми, Сыктывкар

Проведены обобщение фактического материала по магматизму и метаморфизму Канино-Тимано-Печорского региона и пространственный анализ размещения продуктов эндогенных процессов в позднем протерозое – раннем кембрии. Выявлена концентрированная локализация продуктов двух автономных мантийных плюмов, дававших начало магматическим комплексам и относительно высокотемпературному региональному метаморфизму в двух обособленных друг от друга пространствах – «Северном» и «Южном». Они разделены амагматичной территорией протяженностью 250–300 км с относительно низким уровнем региональных метаморфических преобразований осадочных пород.

Ключевые слова: магматизм, метаморфизм, Тиманский мегаблок, поздний докембрий, мантийный плюм.

Spatial regularities of the Late Proterozoic-Cambrian endogenous processes in the Kanin-Timan-Pechora region

V. I. Stepanenko*

Territorial Information Fund of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic, Syktывkar

The article presents data summarization on magmatism and metamorphism of the Kanin-Timan-Pechora region and spatial analysis of the distribution of endogenous processes products in Late Proterozoic – Early Cambrian. A concentrated localization of the products of two mantle plumes, which gave rise to igneous complexes and relatively high-temperature regional metamorphism, was revealed in “Northern” and “Southern” areas separated from each other by an amagmatic area 250–300 km long with a relatively low level of regional metamorphic transformation of sedimentary rocks.

Keywords: magmatism, metamorphism, Timan megablock, Late Precambrian, mantle plume.

Введение

Канино-Тимано-Печорский регион (КТПР) включает в себя хр. Канин Камень, Тиманский кряж, Ижма-Печорскую впадину и соответствует Тиманскому мегаблоку фундамента Печорской плиты, который наращивает с северо-востока эпикарельский остов Восточно-Европейского кратона. От остальной части плиты (Большеземельского мегаблока) он отделен Чаркаю-Пылемецкой и Илыч-Чикшинской зонами разломов (рис. 1). Эти зоны фиксируют местоположение рифтовых зон и образовавшихся вследствие их замыкания зон субдукции восточных частей Печорской плиты и Тиманского мегаблока [3–5].

В отличие от внутренних (восточных в современных координатах) частей плиты, Тиманский мегаблок формировался на коре континентального типа [5]. Его

становление сопровождалось особым набором и последовательностью эндогенных петрогенетических процессов, которые генерировались глубинными потоками вещества и энергии, вызывавшими плавление и преобразование субстратов как в земной коре, так и в мантии.

Свидетельством таких преобразований на уровне мантии является обнаружение ксенолитов флогопитизированных эклогитов в кимберлитах на Среднем Тимане. По особенностям химического состава первичных минералов (пиропы и омфацита) эклогиты принадлежат к мантийным породам графит-пироповой фации глубинности. Флогопит замещает и обрастает минералы эклогитов. Возрастные характеристики, определенные К-Аг-методом, составляют 1130 ± 45 млн лет для эклогита (порода в целом) и 980 ± 34 млн лет для флогопита [16].

* 6 декабря 2021 года закончил свой земной путь Виталий Иванович Степаненко – известный исследователь Тимана, проработавший в Институте геологии четверть века. И хотя с 1996 года его деятельность не была связана с наукой, вопросами геологии Тимана и сопредельных территорий он продолжал интересоваться. Свидетельством тому являются публикации, посвященные плюмовому магматизму северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы.

За две недели до кончины Виталий Иванович попросил посмотреть материалы, которые собирал для статьи, и, осознавая, что не успеет ее закончить, по возможности доработать и опубликовать в соавторстве. Ознакомившись с рукописью, мы поняли, что она практически готова, поэтому сделали лишь незначительные исправления, сохранив все его представления и выводы по рассматриваемой проблеме.

Д. г.-м. н. В. Л. Андреев, к. г.-м. н. А. А. Соболева

Для цитирования: Степаненко В. И. Пространственные закономерности позднепротерозойско-кембрийских эндогенных процессов Канино-Тимано-Печорского региона // Вестник геонаук. 2022. 3(327). С. 16–24. DOI: 10.19110/geov.2022.3.2.

For citation: Stepanenko V. I. Spatial regularities of the Late Proterozoic-Cambrian endogenous processes in the Kanin-Timan-Pechora region. Vestnik of Geosciences, 2022, 3 (327), pp. 16–24, doi: 10.19110/geov.2022.3.2.

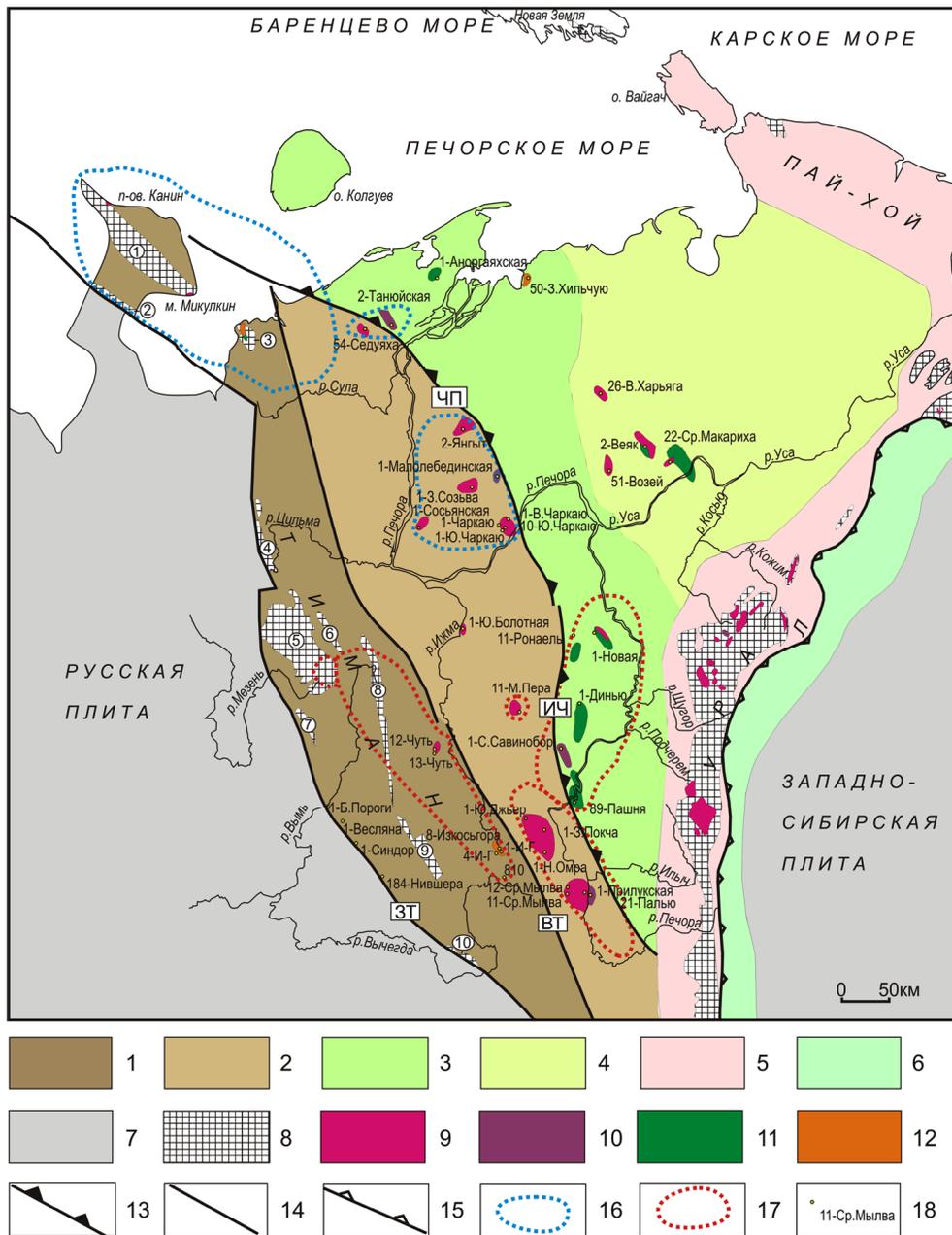


Рис. 1. Геологическая схема фундамента Печорской плиты по: [Белякова и др., 2008] с дополнениями

1—4 — коровые блоки фундамента Печорской плиты: 1—2 — Тиманский мегаблок: 1 — Тиманская и 2 — Ижемская зоны, 3—4 — Большеземельский мегаблок: 3 — Печорская и 4 — Большеземельская зоны; 5 — Западно-Уральская мегазона и Пай-Хой; 6 — Восточно-Уральская мегазона; 7 — Русская и Западно-Сибирская плиты; 8 — места выходов на поверхность допозднекембрийских пород; 9—12 — неопротерозойские плутонические породы, вскрытые скважинами или выходящие на поверхность: 9 — граниты и гранодиориты, 10 — габбродиориты, диориты и плагиограниты, 11 — габбро, 12 — габбро, граносиениты, сиениты и монзониты; 13 — Припечорская система разломов: Чаркаю-Пылемецкая (ЧП) и Илыч-Чикшинская (ИЧ) зоны разломов; 14 — Западно-Тиманский (ЗТ) и Восточно-Тиманский (ВТ) разломы; 15 — Главный Уральский надвиг; 16—17 — участки проявления эндогенной активности в пределах пространства: 16 — «Северного» и 17 — «Южного»; 18 — места расположения глубоких скважин. Цифры в кружках: 1 — хребет Канин Камень, 2 — мысы Лудоватые, 3 — Северный Тиман, 4 — Цилемский вал, 5 — Четласское поднятие, 6 — Кислоручейский вал, 7 — Обдырское поднятие, 8 — Вымская гряда, 9 — Очпарма, 10 — Дзеджимпарма

Fig. 1. Geological scheme of the basement of the Pechora plate according to [5] with additions

1—4 — crustal blocks of the basement of the Pechora Plate: 1—2 — Timan megablock: 1 — Timan and 2 — Izhma zones; 3—4 — Bolshezemel'skii megablock: 3 — Pechora and 4 — Bolshezemel'skaya zones; 5 — West Uralian megazone and Pay-Khoy; 6 — East Uralian megazone; 7 — Russian and West Siberian plates; 8 — outcrops of pre-Late Cambrian rocks; 9—12 — Neoproterozoic plutonic rocks drilled by boreholes or exposed to the surface: 9 — granites and granodiorites; 10 — gabbrodiorites, diorites, and plagiogranites; 11 — gabbro; 12 — gabbro, granosyenites, syenites, and monzonites; 13 — Pripechora fault system: Charkayu-Pylemetskaya (ЧП) and Ilych-Chikshinskaya (ИЧ) fault zones; 14 — West Timan (ЗТ) and East Timan (ВТ) faults; 15 — Main Uralian thrust fault; 16—17 — sites of endogenous activity display within the areas: 16 — “Northern” and 17 — “Southern”; 18 — locations of deep boreholes. Numbers in circles: 1 — Kanin Kamen' ridge, 2 — Ludovatye capes, 3 — Northern Timan, 4 — Tsil'ma uplift, 5 — Chetlas uplift, 6 — Kisloruchey uplift, 7 — Obdyr uplift, 8 — Vym' ridge, 9 — Ochparma, 10 — Dzhedzhimparma

В монографии [12] по имевшимся на то время геологическим и геохронологическим данным была прослежена последовательность эндогенных процессов в позднем протерозое — раннем кембрии Канино-Тиманского региона, которая представлялась следующим образом:

- толеитовый магматизм;
- региональный метаморфизм и палингенное гранитообразование в зонах метаморфизма амфиболитовой фации;
- разноочаговый габбро-сиенит-гранитовый магматизм и сопряженный с ним щелочной флюидный поток;
- щелочной базитовый и ультрамафитовый магматизм и сопряженный с ним щелочной флюидный поток.

Накопленный к настоящему времени фактический материал и главным образом данные бурения по верхнепротерозойскому фундаменту к востоку от Тиманского кряжа позволили выполнить пространственный анализ размещения продуктов эндогенных процессов. При этом обнаружена концентрированная локализация продуктов плюмов, дававших начало магматическим комплексам [18] и относительно высокотемпературному региональному метаморфизму в двух обособленных друг от друга пространствах. «Северное» пространство включает хр. Канин Камень и Северный Тиман, а также прилегающую к ним с востока территорию до Чаркаю-Пылемецкой зоны разломов. «Южное» пространство охватывает южную часть Среднего Тимана, северную часть Южного Тимана и расположенную к востоку территорию до Илыч-Чикшинской зоны разломов (рис. 1). Эти пространства разделены амагматичной территорией с относительно низким уровнем региональных метаморфических преобразований осадочных пород.

Толеитовый магматизм

Наиболее полное описание толеитовых магматитов дано в работе [12], в которой выделено четыре магматических комплекса.

На Северном Тимане локализован барминско-чернорецкий габбро-долеритовый комплекс, представленный относительно крупными интрузивами, ассоциируемыми с гранитами массивов Большой Камешек и Сопки Каменные. Их размеры варьируют от первых тысяч квадратных метров до нескольких квадратных километров. В Бугровской зоне разломов рядом скважин вскрыты тела базитов, содержащих медно-никелевую сульфидную минерализацию [7, 19]. Первичный минеральный состав, установленный по реликтам магматогенных минералов, характеризуется комбинацией плагиоклаза, клинопироксена и интерстиционального микропегматита. В редких случаях и в небольшом количестве к ним присоединяется коричневая роговая обманка типа баркевикита. Цветовой индекс базитов, варьирующий в интрузивах Сопок Каменных и Большого Камешка от 40 до 50 %, обратно пропорционален содержанию микропегматита (0–5 %). Для дайкообразного интрузива мыса Бармин цветовой индекс снижается до 25 %, а содержание микропегматита увеличено до 12–14.5 %. Это наиболее лейкократовые разности базитов комплекса. Породы претерпели региональный метаморфизм. Современный минераль-

ный состав интрузивных базитов, как правило, соответствует парагенезису зеленосланцевой фации метаморфизма: кислый плагиоклаз + уралитовая роговая обманка и (или) актинолит + эпидот + титанит ± биотит ± хлорит.

Северотиманско-канинский долеритовый комплекс представлен маломощными до 1–2, реже до 5 м дайками и силлами протяженностью от нескольких десятков метров до 2 км, распространенными как на Северном Тимане, так и на хр. Канин Камень. Базиты метаморфизованы изофациально с вмещающими толщами. В условиях зеленосланцевой фации преобразования минерального состава долеритов выражаются в деанортизации плагиоклаза, развитии уралитовой роговой обманки, актинолита, эпидота и иногда биотита и хлорита. В большинстве случаев при этом сохраняется возможность определения первичных магматогенных структур. Базиты, преобразованные в условиях амфиболитовой фации, представляют собой ортоамфиболиты состава: роговая обманка + андезин + + клиноцоизит, развивающийся по плагиоклазу, + биотит, развивающийся по роговой обманке, + гранат. Они выявлены в микулкинской антиклинали, расположенной в юго-восточной части хр. Канин Камень, а также в районе устья р. Б. Пидерцелха на северо-западе хр. Канин Камень.

Барминско-чернорецкий комплекс полагался более древним, потому что известны пересечения его интрузивов дайками долеритов северотиманско-канинского комплекса. Однако площади распространения этих комплексов совмещены. Известно также, что длительность действия толеитовых плюмов составляет обычно несколько миллионов лет [14]. Тела долеритового комплекса часто пропицитизированы, что вызвано их контактами со слаболитифицированными вмещающими осадочными породами. Для тел базитов, вскрытых скважинами в Бугровской зоне разломов, установлено, что они внедрялись в слаболитифицированные толщи [19].

Породы среднетиманского долеритового комплекса выявлены в юго-восточной части Четласского Камня. Отдельные тела зафиксированы скважинами, вскрывшими фундамент в пределах Ижемской зоны. Комплекс представлен дайками и силлами мощностью до 5 м, но обычно менее 1 м. Долериты преобразованы, часто пропицитизированы и изменены региональным метаморфизмом изофациально с вмещающими осадочными породами. Слабометаморфизованные долериты обнаружены к западу от Центрально-Тиманского разлома. Они обладают первичной порфиroidной структурой с хорошо выраженными вкрапленниками плагиоклаза (An_{30-50}) и гломеропорфиroidными сростками авгита. Во внутренних частях тел относительно большой (~5 м) мощности фиксируется развитие интерстиционального микропегматита. В отдельных телах отмечено присутствие коричневой роговой обманки, формирующей узкие каймы вокруг кристаллов клинопироксена. К востоку от Центрально-Тиманского разлома долериты сложены фибробластовым агрегатом актинолита, кислым плагиоклазом, эпидотом, хлоритом. В зависимости от обстановки может присутствовать биотит. По минеральному составу они аналогичны базитам северотиманско-канинского долеритового комплекса.



К среднетиманскому комплексу целесообразно также относить вскрытую скв. 810 на Южном Тимане интрузию кварцевых габбро-долеритов (выделяющаяся в самостоятельный южнотиманский габбро-долеритовый комплекс). Породы имеют диабазовую структуру. Их состав: сосюритизированный плагиоклаз (андезин-лабрадор) — до 30 %, клинопироксен, замещенный уралитом, — до 30 %, хлорит — до 10 %, карбонаты — до 10 %, рудные минералы и апатит — до 10 %. Во внутренней части тела появляются обильные участки микропегматитов. Далее на юго-восток, а также на Очпарме и Джеджимпарме долеритов не обнаружено.

Среднетиманский долеритовый комплекс отделен от северотиманско-канинского комплекса амагматическим пространством, протяженность которого в общетиманской ориентировке составляет 250—300 км. Таким образом, в Тиманском мегаблоке в позднем рифее субсинхронно состоялись два пространственно обособленных акта толеитового магматизма, вызванные пространственно разобщенными плюмами.

Региональный метаморфизм и палингенное гранитообразование

Исследования регионального метаморфизма в КТПР выполнялись ранее преимущественно по площадям выхода верхнепротерозойских пород под четвертичные отложения. Однако суммарная площадь таких выходов составляет около 20 % от площади региона, что затрудняет возможность объективно судить о пространственных закономерностях протекания метаморфизма. Тем не менее обобщение, выполненное В. Г. Геценым с соавторами [6], а также данные геологических съемок показали, что степень преобразования осадков варьирует от катагенеза до амфиболитовой фации. При этом региональный метаморфизм проявлялся неравномерно даже в пределах отдельных площадей. Этот вывод подтверждают данные по петрографии пород фундамента из керна глубоких скважин, пробуренных к востоку от Тимана.

На хр. Канин Камень выявлено постепенное зональное снижение степени метаморфических преобразований, в общих чертах совпадающее со стратиграфической последовательностью.

Наиболее древняя микулкинская серия, слагающая Микулкинскую антиклиналь в юго-восточной части хребта, представлена кристаллическими сланцами, парагнейсами и амфиболитами, степень преобразований которых отвечает кианит-силлиманитовой и кианит-мусковит-биотитовой субфациям метаморфизма амфиболитовой фации. В зоне кианит-силлиманитовой субфации получили развитие процессы ультраметаморфизма и анатексиса с формированием гранитных пегматитов микулкинского комплекса [10, 12].

Вышележащая тархановская серия в нижней толще представлена слюдястыми кварцитами и гранобластовыми кварц-полевошпат-гранат-слюдястыми породами; в средней части — сланцами кварц-мусковит-биотитовыми и альмандин-кварц-биотитовыми, степень преобразования которых снижается от кианит-мусковит-биотитовой субфации амфиболитовой фации до зеленосланцевой фации. Верхняя толща сложена полевошпат-кварцевыми и аркозовыми песчаниками, в которых фиксируется глинистый эмент,

т. е. степень преобразований этих пород снижается до метакатагенеза.

Завершающая разрез табуевская серия сложена сланцами кварц-мусковитовыми, кварц-мусковит (серицит)-хлоритовыми зеленосланцевой фации.

В северо-западной части хр. Канин Камень, в устье р. Б. Пидерцелха на поверхности обнажен блок верхнепротерозойских образований, представленных ставролит-гранат-биотитовыми сланцами и амфиболитами, диафторированными до уровня мусковит-биотитовой и мусковит-хлоритовой субфаций зеленосланцевой фации. С ними контактируют анатектические двуслюдяные граниты североканинского комплекса [12].

Намечающаяся здесь вертикальная метаморфическая зональность, совпадающая со стратиграфической последовательностью, нарушена резким снижением степени метаморфизма в верхней толще тархановской серии и резким ростом в породах табуевской серии. Это позволяет считать, что тепловой поток, вызывающий минеральные преобразования осадков, был весьма неравнозначным по температуре и выявленная зональность является не только глубинной, но и латеральной.

Обнажающиеся к западу от хр. Канин Камень в районе мысов Лудоватых рифейские карбонатные породы сохраняют осадочные структурно-текстурные характеристики и не обнаруживают значительного влияния метаморфизма.

На Северном Тимане верхнепротерозойские образования вскрыты эрозией на локальных участках, а также скважинами под девонскими осадками. В осадочном комплексе пород выделены чешская свита и барминская серия. Контакты между стратиграфическими телами не установлены.

Чешская свита вскрыта скважиной № 112 в нижнем течении р. Песчанки под верхнедевонскими отложениями, в интервале глубин 378.2—404.2 м. Породы представлены двуслюдяными гранат-ставролитовыми сланцами, аналогичными по минеральному составу сланцам в районе р. Б. Пидерцелха на хр. Канин Камень. По степени метаморфизма их минеральный парагенезис отвечает ставролит-альмандиновой субфации амфиболитовой фации [8]. В отношении возраста свиты нет единого мнения. Ю. П. Ермоленко [9] полагает, что чешская свита представляет приподнятый блок карельского фундамента. Но маловероятно, чтобы небольшой блок «проткнул» многокилометровую толщу рифейских осадков. Поэтому эти образования относят к нижнему рифею и считают возрастными аналогами микулкинской серии хр. Канин Камень.

В составе барминской серии снизу вверх выделены румяничная, малочерноречская и ямбозерская свиты. Румяничная свита обнажена по побережью Чешской губы от устья р. Румяничной до мыса Б. Румяничный и представлена биотит-кварцевыми и альмандин-биотит-кварцевыми сланцами. Малочерноречская свита наиболее полно вскрыта по рекам М. Черная и Черная. В ее составе фиксируются как биотит-кварцевые, так и хлорит-серицит-кварцевые сланцы. Ямбозерская свита обнажена по побережью Чешской губы юго-западнее мыса Бармин и по побережью Баренцева моря между мысами Бармин и Капитанский и сложена хлорит-серицит-кварцевыми и серицит-кварцевыми сланцами, а также кварцитопесчаниками.



На территории Северного Тимана и хр. Канин Камень обнаруживается наличие области с относительно высокой степенью метаморфических преобразований и с несколькими локальными пространствами, в которых получили развитие метаморфизм амфиболитовой фации и гранитообразование. Эта область пространственно совмещена с полем развития толеитовых базитов. Наметившаяся форма ее проекции на поверхность характеризуется вытянутостью в северо-западной ориентировке, параллельной простиранию Чаркаю-Пылевецкой зоны разломов.

К юго-востоку от Северного Тимана обособляется область относительно слабого метаморфизма (метаморфизм погружения). На Цильменском Камне в породах быстринской серии повсеместно фиксируется серицит-хлоритовый парагенезис. К востоку и северо-востоку от Цильменского Камня в пределах Ижемской зоны, в рифейских отложениях, вскрытых рядом скважин, параметаморфиты представлены сланцами и филлитами кварц-серицит-хлоритовыми и даже их гидрослюдистыми и глинистыми разностями. Примечательно, что эта область совмещена с амагматичным пространством, разделяющим области развития толеитового магматизма.

К юго-востоку от области относительно слабого метаморфизма наблюдается мозаичное размещение метаморфитов разной степени преобразований.

В четласской серии на Четласском Камне снизу вверх выделены светлинская, новобобровская и визингская свиты, представленные кварцитами, кварцитопесчаниками, алевролитами и сланцами в различных соотношениях. Для светлинской, новобобровской и нижней подсвиты визингской свиты зафиксирован серицит-хлорит-биотитовый метаморфогенный парагенезис. Сланцы верхней подсвиты визингской свиты метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации, а на удалении, к западу от Центрально-Тиманского разлома, — в условиях метагенеза. Также слабо метаморфизованы распространенные в западной части Четласского Камня перекрывающие их отложения аньюгской свиты, относимой к низам быстринской серии. Таким образом, для осадочных образований четласской серии намечается вертикальная зональность, что выражается в нарастании степени преобразований с глубиной.

На Четласском Камне в терригенных образованиях быстринской серии присутствует как серицит-хлоритовый, так и серицит-хлорит-биотитовый парагенезисы. В юго-восточной части Четласского Камня в такой же степени метаморфизованы и образования, относимые к аньюгской свите, залегающие под карбонатами павьюгской свиты. При этом нет строгого контроля в отношении размещения метаморфитов со стороны Центрально-Тиманского разлома. На юго-востоке Вольско-Вымской гряды быстринские карбонаты и сланцы метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации.

Таким образом, в породах быстринской серии намечается латеральная зональность, выраженная в снижении степени преобразований в северо-западном и юго-восточном направлениях от юго-восточной части Четласского камня.

На Вымском валу породы кислоручейской серии повсеместно преобразованы в условиях серицит-био-

титовой субфации зеленосланцевой фации, и, учитывая вертикальную зональность метаморфизма, логично полагать их более древними по отношению к залегающей выше быстринской серии.

Для пород вымской серии характерен серицит-хлоритовый парагенезис. При этом в скв. Ярега-700 вскрыты биотит-хлоритовые сланцы. Многими исследователями полагается, что появление биотита в составе параметаморфитов в этой области обусловлено процессами локального динамометаморфизма [5]. Однако биотит присутствует и в породах относительно слабодислоцированных. Наиболее явно это видно на Кислоручейской гряде.

К востоку от этой части Среднего Тимана, в Ижемской зоне, по наблюдениям в керне скважин степень метаморфизма рифейских пород варьирует от серицит-хлоритовой субфации зеленых сланцев до амфиболитовой фации.

Переходы между кварц-биотит-хлоритовыми и кварц-серицит-хлоритовыми сланцами осуществляются на расстояниях в несколько километров, и в их размещении не обнаруживается закономерностей и структурного контроля. Региональной петрографической особенностью сланцев в Ижемской зоне и к западу на Среднем Тимане является бластопорфировая структура. Бластопорфировые выделения бывают представлены:

- аллотриаморфными агрегатами хлорита (пеннина), часто в сростании с серицитом, реже с биотитом;
- идиоморфными пакетами биотита;
- идиоморфными псевдоморфозами хлорита по биотиту.

Это свидетельствует о неравномерности теплового и флюидного метаморфизирующего потока, что приводило к различным температурным режимам на равных гипсометрических уровнях.

Неравномерность потока обнаруживается и на региональном уровне. В восточной части данной области выявлены крупные массивы двуслюдяных анатектических гранитов, объединенные в нижнеомринский комплекс двуслюдяных гранитов [3, 4]. Эти массивы фиксируются в физических полях как гравитационные минимумы и отрицательные магнитные аномалии. Скважинами вскрыты массивы Нижнеомринский (скв. 1-Южный Джьбер, 1-Западная Покча, 1-Нижняя Омра) и Прилукский (скв. 1-Прилукская, 11- и 12-Средняя Мылва). В их обрамлении вскрыты кристаллические и гнейсовидные сланцы амфиболитовой фации и ортоамфиболиты (скв. 1-Прилукская, 12-Средняя Мылва, 12-Верхняя Чуть). По петрогенетическим признакам, зафиксированным в их составе, образования нижнеомринского и североканинского комплексов двуслюдяных гранитов, а также микулкинского комплекса гранитных пегматитов относятся к мезоабиссальной — абиссальной фации [4, 12].

Таким образом, обособляется еще одна область относительно высоких метаморфических преобразований, которая совмещена с полем развития толеитовых магматитов. В очертаниях этой области и расположенной севернее области низкотемпературных преобразований отчетливо обрисовывается субмеридиональная (современная) ориентировка, параллельная Ильч-Чикшинской зоне разломов (рис. 1).



На юго-восток от этой области на Тимане отчетливо проявляется снижение степени региональных метаморфических преобразований рифейских осадочных пород и отсутствие проявлений толеитового магматизма. На Очпарме метаморфизм пород ропчинской карбонатно-терригенной и вышележащей очпармской терригенной свит не превышает серицит-хлоритовой субфации. На Джеджимпарме верхнепротерозойские образования не несут признаков динатотермального метаморфизма.

Протерозойские образования, распространенные вблизи Западно-Тиманского разлома и вскрытые скважинами 1-Синдор, 1-Весляна, 183-, 184-Нившера, 1-Большие Пороги, практически не метаморфизованы.

Следовательно, поля распространения толеитовых базитов и области относительно высокотемпературного метаморфизма обрисовывают пути подъема двух различных и пространственно обособленных тепловых и флюидных потоков и пространств («Северное» и «Южное»), в которых реализовывалась их деятельность. Внутри обоих пространств интенсивность (плотность) метаморфизирующих потоков варьировала, создавая несколько зон преобразований в амфиболитовой фации и анатектического гранитообразования. Экстенсивность потоков по достижении максимума постепенно снижалась, о чем свидетельствует отчетливое проявление процессов диафтореза в обоих пространствах.

Разноочаговый габбро-сиенит-гранитовый магматизм и сопряженный с ним щелочной флюидный поток

В последующем эндогенные процессы локализируются в этих же пространствах. Здесь формируются небольшие по объемам комплексы магматитов, сопровождаемых флюидно-магматическими и гидротермально-метасоматическими образованиями. Сценарии развития этих процессов сходны, но не одинаковы.

В «Северном» пространстве на Северном Тимане выявлен весьма пестрый по составу северотиманский габбро-сиенит-гранитовый комплекс. Он представлен оливин-керсутитовыми субщелочными габбро в районе устья р. Румяничная; субщелочными, щелочными и нефелиновыми сиенитами, сиенит-мигматитами, сиенит-пегматитами, альбититами и фенитами массива мыса Большого Румяничного, субщелочными сиенитами массивов Крайний Камешек и Малый Камешек, лейкократовыми биотитовыми гранитами и граносиенитами массивов Большой Камешек и Сопки Каменные.

Объединение в едином магматическом комплексе этих разнообразных горных пород было произведено на основании их тесной пространственной локализации, а также близости времени формирования. Это подтверждается данными U-Pb-датирования цирконов, «плотно уложенными» в интервал 614–600 млн лет [1, 21, 22]. По геологическим данным, субщелочные габбро были отчетливо более ранними по отношению к сиенитам и гранитам, а сиениты — более ранними по отношению к гранитам. По М. Н. Костюхину [12], перечисленные породы являются продуктами кристаллизации магм разных уровней магмогенерации, т. е. разноочаговыми. Это объяснимо подъемом плюма, вызывающего последовательно плав-

ление субстрата, начиная с мантии вверх по разрезу в земной коре. Плюм сопровождался флюидным потоком, который способствовал магмогенерации, но также был и самостоятельным агентом пороодообразования в земной коре. В массиве мыса Большого Румяничного это выразилось в оформлении полей сиенит-мигматитов и фенитов. В массиве Большой Камешек участие флюида в реакционном взаимодействии гранитного расплава с толеитовыми базитами привело к формированию ряда пород, состав которых изменялся по мере удаления от контакта от кварцевых сиенитов до собственно гранитов.

На хр. Канин Камень фрагментарно обнажен массив двуслюдяных гранитов и монцонитов в устье р. Б. Пидерцелха, относящийся к североканинскому комплексу — формационному аналогу северотиманского комплекса [12]. Однако этот комплекс являлся продуктом самостоятельного плюма, а возможно и двух. На это указывают результаты U-Pb-датирования цирконов из гранитов — 883 ± 16 млн лет, монцогаббро — 505 ± 7 млн лет и лампрофиров — 504 ± 7 млн лет [2].

В «Южном» пространстве формационным аналогом северотиманского комплекса полагаются лейкократовые биотитовые граниты, вскрытые скв. 12-Верхняя Чуть, кварцевые сиениты скв. 1-Изкось-Гора и монцониты скв. 4-Изкось-Гора [10]. Имеется свидетельство об участии субщелочных габбро, аналогичных северотиманским. На Среднем Тимане в толще девонских туфов обнаружен крупный ксенолит этих пород [13].

Щелочной базитовый и ультрамафитовый магматизм и сопряженный с ними щелочной флюидный поток

Завершаются эндогенные процессы на территории «Северного» пространства внедрением щелочной базитовой магмы. Оно происходит строго в зонах глубинных разломов северо-восточного (современного) простираения. На хр. Канин Камень это дайки лампрофиров, секущие двуслюдяные граниты североканинского комплекса [10]. На Северном Тимане это дайки камптонитов, прорывающие массивы мыса Большого Румяничного и Малый Камешек [15].

Формирование четласского комплекса щелочных пикритов, метасоматических карбонатитов и фенитов завершает в «Южном» пространстве цикл эндогенных процессов. Дайки, реже штоки щелочных пикритов локализованы в зонах глубинных разломов северо-восточного (современного) простираения.

Зоны метасоматоза были как совмещенными с телами щелочных пикритов, так и самостоятельными. В их внутренних частях формировались тела метасоматических доломитовых, доломит-анкеритовых и сидеритовых карбонатитов. Внешние части зон представлены щелочными метасоматитами, состав которых зависит от вмещающих пород. В телах щелочных пикритов это флогопитовые слюдиты. В осадочно-метаморфических породах это фениты, состоящие из эгирина, амфиболов ряда рибекит-арфведсонит, калиевого полевого шпата и альбита. Процесс становления комплекса завершается формированием гидротермальных образований: гетит-полевошпатовых на этапе перехода от транскритического пара в гидротер-

мальный раствор, затем кварц-гетит-гематитовых собственно гидротермального этапа [12]. Гидротермально-метасоматические образования несут редкометалльно-редкоземельное оруденение, наиболее полное его минералогическое описание дано в работе [11]. Вся гамма метасоматических пород закономерно формировалась вследствие кислотно-щелочного взаимодействия флюида с вмещающими породами. При этом происходила и дифференциация редкоземельных элементов: «легкие» (Ce, La) формировали свои минералы в карбонатах, а Y в форме ксенотима концентрировался в поздних альбит-эгириновых фенитах, даже пространственно удаленных от мест формирования карбонатитов [17]. Однако щелочной метасоматоз имел в отличие от магматизма и более широкое площадное распространение. Фениты эгирин-альбитового состава выявлены в терригенно-карбонатных породах ворыквинской свиты под бокситами Верхнечугорского месторождения [20]. А калиевые и ториевые аномалии выявлены геофизической съемкой в юго-восточной части Четласского Камня вне зон разломов северо-восточного простирания.

Трансформные зоны разломов северо-восточного простирания, в которых локализованы дайки лампрофириров на хр. Канин Камень, камптонитов на Северном Тимане и щелочных пикритов на Среднем Тимане, имеют общие характерные особенности. Тела магматитов в них не дислоцированы, что свидетельствует об отсутствии разнонаправленных движений по ним и во время магматизма, и в последующие времена. При внедрении магмы в дайках реализовалась дифференциация в потоке с аккумуляцией фенокристаллов в осевых частях тел [12, 15], что указывает на внедрение в открытые или открывающиеся в условиях растяжения трещины. Об этом же говорит и тот факт, что в зальбандах даек на Среднем Тимане наблюдаются шлейфы ксенолитов вмещающих пород, параллельные контактам, с незначительным перемещением ксенолитов от их первичного положения в раме.

По-видимому, данные зоны возникли на фоне общего подъема территории, который не был существенно дифференцирован по скоростям в разных частях региона. При этом на поверхности эрозионного среза не происходило крупномасштабных горообразующих процессов.

Выводы

Изложенные фактические данные позволяют предположить следующую генетическую модель.

Под территорией современного КТПР (Тиманского мегаблока) в позднем протерозое поднимались два автономных вещественных (флюидных) тепловых потока. На их пути оформлялись пространства («Северное» и «Южное»), в которых получали развитие эндогенные процессы:

- метасоматические преобразования пород мантии на уровне графит-пироповой фации глубинности, фиксирующиеся явлениями флогопитизации эклогитов;
- плавление мантийного субстрата с формированием и быстрым подъемом толеитовой магмы;
- региональный метаморфизм позднепротерозойских образований в интервале Р-Т-условий от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций;

- анатектическое плавление позднепротерозойских пород в зонах амфиболитовой фации с формированием гранитных пегматитов и двуслюдяных гранитов;

- плавление нижнекорового субстрата с формированием самостоятельных монцонитовых, сиенитовых и «сухих» гранитных расплавов, способных к подъему на гипабиссальный уровень;

- флюидно-магматические процессы с формированием сиенит-мигматитов и нефелиновых сиенитов при реакциях сиенитовых магм с базитами;

- внедрение по глубинным разломам северо-восточного простирания щелочно-базитовой магмы и формирование лампрофириров и щелочных пикритов;

- метасоматические процессы с формированием щелочных метасоматитов (фенитов) и метасоматических доломит-анкерит-сидеритовых карбонатитов;

- разнообразные гидротермальные процессы.

Флюидно-тепловой поток однозначно был неоднороден по своим параметрам в пространстве, что зафиксировано в мозаичности размещения метаморфитов разных фаций. Но, видимо, он был неоднороден и во времени. Наблюдаемые сценарии развития эндогенных процессов в «Северном» и «Южном» пространствах были сходны, но не одинаковы. Поэтому не следует предполагать одинаковый возраст для формационно-однотипных породных комплексов.

Замечено, что длинные оси очертаний проекции потоков на земную поверхность субпараллельны для «Северного» пространства Чаркаю-Пылемецкой, а для «Южного» — Илыч-Чикшинской зонам разломов (рис. 1). Это позволяет полагать, что «Северное» и «Южное» пространства могли быть лишь «западными» (в современном положении) фрагментами более обширных потоков, вызвавших расколы карельского основания с формированием зон рифтогенеза, спрединга и последующих субдукций с оформлением островных дуг [4, 5].

Наличие двух автономных флюидно-магматических потоков на территории современного КТПР позволяет допускать наличие подобных им потоков и к востоку от Чаркаю-Пылемецкой и Илыч-Чикшинской зон. Их действие и могло привести к возникновению нескольких микроконтинентов, разделенных зонами спрединга и субдукции на обширной территории современного Европейского Северо-Востока.

Литература

1. Андреев В. Л., Соболева А. А., Удоратина О. В., Ронкин Ю. Л. Цирконология сиенитов Северного Тимана // Вестник геонаук. 2021. № 6 (318). С. 16–27.

2. Андреев В. Л., Соболева А. А., Сергеев С. А., Пресняков С. Л. Цирконовая хронология интрузивного магматизма полуострова Канин // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 4. С. 30–38.

3. Белякова Л. Т., Степаненко В. И. Гранитоиды фундамента Печорской синеклизы как индикаторы тектоно-магматической зональности // Докл. АН СССР. 1990. Т. 313. № 3. С. 677–681.

4. Белякова Л. Т., Степаненко В. И. Магматизм и геодинамика байкалит фундамента Печорской синеклизы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 12. С. 106–117.

5. Белякова Л. Т., Богацкий В. И., Богданов Б. П., Довжикова Е. Г., Ласкин В. М. Фундамент Тимано-Печорского нефтегазосного бассейна. Ухта: ГУП РК ТП НИЦ, 2008. 288 с.



6. Гецен В. Г., Андричев В. Л., Степаненко В. И. Эволюция метаморфизма верхнепротерозойского комплекса Тимана по геолого-геохронологическим данным // Докл. АН СССР. 1985. Т. 285. № 6. С. 1424—1428.

7. Данилов М. А., Ермоленко Ю. П., Скрипниченко В. А. Первые проявления сульфидных медно-никелевых руд на Северном Тимане // Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. № 2. С. 413—416.

8. Данилов М. А., Соболев В. К., Скрипниченко В. А., Ефимов И. В., Горяшин В. И., Ермоленко Ю. П. Первая находка гранат-ставролитовых сланцев на Северном Тимане // Докл. АН СССР. 1979. Т. 244. № 1. С. 189—193.

9. Ермоленко Ю. П. Медно-никелевое оруденение северо-западного Тимана // Разведка и охрана недр. 1979. №10. С. 19—21.

10. Ивсен Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.; Л.: Наука, 1964. 126 с.

11. Ковальчук Н. С., Шумилова Т. Г., Степаненко В. И. Редкоземельная минерализация в карбонатитах Косьюского массива (Средний Тиман) // Записки Российского минералогического общества. 2013. Т. 142. С. 109—132.

12. Костюхин М. Н., Степаненко В. И. Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. 232 с.

13. Куликова К. В., Шмакова А. М., Бурцев И. Н. Магматические породы Гэрдвожского участка (Средний Тиман) // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 339—342.

14. Лобковский Л. И., Никишин А. М., Хаин В. Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 612 с.

15. Мальков Б. А. Петрология дайковой серии щелочных габброидов Северного Тимана. Л.: Наука, 1972. 128 с.

16. Степаненко В. И. Состав и возраст флогопитсодержащего эколгита из трубки взрыва на Среднем Тимане // Рудообразование и магматизм на Севере Урала и Тимана. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми фил. АН СССР, 1983. С. 59—62. (Труды Института геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 41).

17. Степаненко В. И. Две тенденции распределения РЗЭ в четласском карбонатитовом комплексе Среднего Тимана // Доклады АН СССР. 1990. Т. 313. № 4. С. 966—969.

18. Степаненко В. И. Позднепротерозойский магматизм северо-восточной окраины Восточно-Европейской платформы как плюм-события // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Материалы XLVII Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, 2015. С. 188—191.

19. Степаненко В. И., Капитанова В. А. Медно-никелевое сульфидное рудообразование на Северном Тимане // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, 2003. С. 125—142. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН. Вып. 113).

20. Степаненко В. И., Лихачев В. В., Швецова И. В. Щелочной метасоматоз и ниобиевая минерализация в рифейских терригенно-карбонатных образованиях Среднего Тимана // Эндеогенные комплексы Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, 1988. С. 33—46. (Труды Ин-та геологии Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 65).

21. Andreichev V. L., Soboleva A. A., Udoratina O. V., Ronkin Yu. L., Coble M. A., Miller E. L. Granites of the Northern Timan — probable indicators of Neoproterozoic stages of Rodinia breakup // Geodynamics & Tectonophysics. 2020. V. 11. Issue 2. P. 10—28.

22. Larionov A. N., Andreichev V. L., Gee D. G. The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Eds. Gee D. G., Pease V. Geol. Soc. London. Mem. 2004. № 30. P. 69—74.

References

1. Andreichev V. L., Soboleva A. A., Udoratina O. V., Ronkin Yu. L. *Tsirkonologiya sienitov Severnogo Timana* (Zirconology of syenites of the Northern Timan). Vestnik of Geosciences, 2021, No. 6 (318), pp. 16—27.

2. Andreichev V. L., Soboleva A. A., Sergeev S. A., Presnyakov S. L. *Tsirkonovaya khronologiya intruzivnogo magmatizma poluostrova Kanin* (The zircon chronology of the intrusive magmatism of the Kanin Peninsula). Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration, 2018, No. 4, pp. 30—38.

3. Belyakova L. T., Stepanenko V. I. *Granitoidy fundamenta Pechorskoj sineklizy kak indikatory tektono-magmaticheskoy zonal'nosti* (Granitoids of the basement of the Pechora syncline as indicators of tectonic-magmatic zoning). Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1990, V. 313, No. 3, pp. 677—681.

4. Belyakova L. T., Stepanenko V. I. *Magmatizm i geodinamika bajkalid fundamenta Pechorskoj sineklizy* (Magmatism and geodynamics of the Baikaliid basement of the Pechora syncline). Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Geological series, 1991, No. 12, pp. 106—117.

5. Belyakova L. T., Bogatskiy V. I., Bogdanov B. P., Dovzhikova E. G., Laskin V. M. *Fundament Timano-Pechorskogo neftegazonosnogo bassejna* (The basement of the Timan-Pechora oil and gas basin). Uhta: SUE RK TP SIC, 2008, 288 p.

6. Getsen V. G., Andreichev V. L., Stepanenko V. I. Evolyuciya metamorfizma verhneproterozojskogo kompleksa Timana po geologo-geohronologicheskim dannym (Evolution of metamorphism of the Upper Proterozoic Timan Complex according to geological and geochronological Data). Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1985, V. 285, No. 6, pp. 1424—1428.

7. Danilov M. A., Ermolenko Yu. P., Skripnichenko V. A. *Pervye proyavleniya sul'fidnyh medno-nikelevykh rud na Severnom Timan* (The first occurrences of sulphide copper-nickel ores in the Northern Timan). Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1977, V. 232, No. 2, pp. 413—416.

8. Danilov M. A., Sobolev V. K., Skripnichenko V. A., Efimov I. V., Goryashin V. I., Ermolenko Yu. P. *Pervaya nahodka granat-stavrolitovykh slancev na Severnom Timane* (The first find of garnet-staurolite schists in the Northern Timan). Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1979, V. 244, No. 1, pp. 189—193.

9. Ermolenko Yu. P. *Medno-nikelevoe orudnenie severo-zapadnogo Timana* (Copper-nickel mineralization of the northwestern Timan). Razvedka i okhrana nedr, 1979, No. 10, pp. 19—21.

10. Ivensen Yu. P. *Magmatizm Timana i poluostrova Kanin* (Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula), Moscow-Leningrad: Nauka, 1964, 126 p.

11. Koval'chuk N. S., Shumilova T. G., Stepanenko V. I. *Redkozemel'naya mineralizatsiya v karbonatitah Kos'yuskogo massiva* (Rare-earth mineralization in carbonatites of the Kosyu massif (Middle Timan)). Proceedings of the Russian Mineralogical Society, 2013, V. 142, pp. 109—132.



12. Kostyuhin M. N., Stepanenko V. I. *Bajkal'skij magmatizm Kanino-Timanskogo regiona* (Baikalian magmatism of the Kanin-Timan region). Leningrad: Nauka, 1987, 232 p.
13. Kulikova K. V., Shmakova A. M., Burtsev I. N. *Magmaticeskije porody Gerdvozhskogo uchastka (Srednij Timan)* (Igneous rocks of the Gerdvozh area (Middle Timan)). Proceedings of the Fersman Scientific Session of the GI KSC RAS, 2019, No. 16, pp. 339–342.
14. Lobkovskij L. I., Nikishin A. M., Hain V. E. *Sovremennye problemy geotektoniki i geodinamiki* (Modern problems of geotectonics and geodynamics). Moscow: Nauchnyj mir, 2004, 612 p.
15. Mal'kov B. A. *Petrologiya dajkovoj serii shchelochnyh gabbroidov Severnogo Timana* (Petrology of the dike series of alkaline gabbroids of the Northern Timan). Leningrad: Nauka, 1972, 128 p.
16. Stepanenko V. I. *Sostav i vozrast flogopitsoderzhashchego eklogita iz trubki vzryva na Sredne Timane* (Composition and age of phlogopite-bearing eclogite from an explosion pipe in the Middle Timan). *Rudoobrazovanie i magmatizm na Severe Urala i Timana* (Ore formation and magmatism in the North of the Urals and Timan). Syktyvkar: Institute of Geology, Komi Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1983, pp. 59–62. (Proceedings of the Institute of Geology, Komi Branch of the Academy of Sciences of the USSR. Issue. 41).
17. Stepanenko V. I. *Dve tendencii raspredeleniya RZE v chetlasskom karbonatitovom komplekse Srednego Timana* (Two trends in the distribution of REE in the Chetlas carbonatite complex of the Middle Timan). Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1990, V. 313, No. 4, pp. 966–969.
18. Stepanenko V. I. *Pozdneproterozojskij magmatizm severo-vostochnoj okrainy Vostochno-Evropejskoj platformy kak plyum-sobytiya* (Late Proterozoic magmatism of the northeastern margin of the East European Platform as plume events). *Tektonika i geodinamika kontinental'noj i okeanicheskoj litosfery: obshchie i regional'nye aspekty* (Tectonics and geodynamics of the continental and oceanic lithosphere: general and regional aspects). Materials of the XLVII Tectonic Conference, V. 2, Moscow: GEOS, 2015, pp. 188–191.
19. Stepanenko V. I., Kapitanova V. A. *Medno-nikelevoe sul'fidnoe rudoobrazovanie na Severnom Timane* (Copper-nickel sulfide ore formation in the Northern Timan). *Petrologiya i mineralogiya severa Urala i Timana* (Petrology and Mineralogy of the North of the Urals and Timan). Syktyvkar: Institute of Geology, Komi SC UB RAS, 2003, pp. 125–142 (Proceedings of the Institute of Geology Komi SC UB RAS. Issue. 113).
20. Stepanenko V. I., Lihachev V. V., Shvetsova I. V. *Shchelochnoj metasomatoz i niobievaya mineralizaciya v rifejskih terrigenno-karbonatnyh obrazovaniyah Srednego Timana* (Alkaline metasomatism and niobium mineralization in the Riphean terrigenous-carbonate formations of the Middle Timan). *Endogennye komplekсы Evropejskogo Severo-Vostoka SSSR*. (Endogenous complexes of the European North-East of the USSR). Syktyvkar: Institute of Geology, Komi SC UB RAS, 1988, pp. 33–46. (Proceedings of the Institute of Geology, Komi SC UB USSR Academy of Sciences. Issue 65).
21. Andreichev V. L., Soboleva A. A., Udoratina O. V., Ronkin Yu. L., Coble M. A., Miller E. L. Granites of the Northern Timan – probable indicators of Neoproterozoic stages of Rodinia breakup. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2020, V. 11, 2, pp. 10–28.
22. Larionov A. N., Andreichev V. L., Gee D. G. The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite. The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Eds. Gee D.G., Pease V. *Geol. Soc. London. Mem.*, 2004, No. 30, pp. 69–74.

Received / Поступила в редакцию 22.02.2022