

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**EARTH SCIENCES**

УДК 551.1/551/71/551/26

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-242-249>

Поступило в редакцию 19.12.2022

Received 19.12.2022

Д. А. Доминиковская*Институт геологии Научно-производственного центра по геологии, Минск, Республика Беларусь***ПЕРВИЧНАЯ ПРИРОДА, СОСТАВ И ЭВОЛЮЦИЯ ПРОТОКОРЫ
РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ И ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ЕЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ***(Представлено академиком Р. Г. Гарецким)*

Аннотация. Рассмотрены вопросы образования земной коры в раннем докембрии: первичный состав протовещества, время его возникновения и эволюция, участие эндогенных и космических сил в его преобразовании в два основных периода формирования протокры – догеологический (4,65–4,0 млрд лет) и геологический (4,0–1,65 млрд лет), состоящий из трех этапов. Описаны породные ассоциации, их минеральный и химический состав и последовательное преобразование в каждый этап, а также результаты петрологических исследований пород в процессе формирования земной коры. Обосновано проявившееся на Земле образование многообразия породных формирований из единого магматического протовещества. Показано индикаторное значение кали-натровых отношений в породных ассоциациях для определения их формационной принадлежности, выявлены величины роста этих отношений в процессе эволюции и предложено использование их для оценки относительного возраста породных образований.

Ключевые слова: протокры Земли, протовещество, породные ассоциации, мантия, фракционирование, магматическая дифференциация, кали-натровые отношения

Для цитирования. Доминиковская, Д. А. Первичная природа, состав и эволюция протокры раннего докембрия древних платформ и эндогенные процессы ее преобразования / Д. А. Доминиковская // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2023. – Т. 67, № 3. – С. 242–249. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-242-249>

Diana A. Dominikovskaya*Institute of Geology of the Research and Production Center for Geology, Minsk, Republic of Belarus***PRIMARY NATURE, COMPOSITION, AND EVOLUTION OF THE EARLY PRECAMBRIAN
PROTOCORE IN ANCIENT PLATFORMS AND ENDOGENOUS PROCESSES
OF ITS TRANSFORMATION***(Communicated by Academician Radim G. Garetsky)*

Abstract. The issues of formation of the earth's crust in the Early Precambrian are considered: the primary composition of a protomatter, the time of its occurrence and evolution, the participation of endogenous and cosmic forces in its transformation in two main periods of formation of the protocrust – pregeological (4.65–4.0 billion years) and geological (4.0–1.65 billion years) consisting of three stages. The rock associations, their mineral and chemical composition, and successive transformation at each stage, as well as the petrological results for rocks during the formation of the earth's crust are described. The formation of a variety of rock formations from a single igneous protomatter, which manifested itself on the entire planet Earth, is substantiated. The indicator value of potassium-sodium ratios in rock associations is shown to determine the formation of their belonging, the magnitudes of growth of these ratios in the process of evolution are revealed, and their use is proposed to assess a relative age of rock formations.

Keywords: Earth's proto-crust, protomatter, rock associations, mantle, fractionation, magmatic differentiation, potassium-sodium ratios

For citation. Dominikovskaya D. A. Primary nature, composition, and evolution of the early precambrian protocrust in ancient platforms and endogenous processes of its transformation. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2023, vol. 67, no. 3, pp. 242–249 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-242-249>

Введение. Земная кора нашей планеты постоянно привлекает внимание многих исследователей различных областей науки. Образование протокоры интересует ученых с различных важнейших аспектов: время возникновения протовещества, его первичный состав и эволюция, участие космических сил и влияние других планет на его формирование, столкновения между ними и Землей происходили многократно.

Цель работы – рассмотрение этих вопросов в свете достижений современной науки в изучении формирования, состава и эволюции протовещества кристаллических фундаментов древних платформ, дополненных исследованиями автора. Эти вопросы относятся к фундаментальным проблемам геологии докембрия и белорусскими исследователями освещались лишь частично на региональном материале Запада Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Предпринят анализ сведений о протовеществе кристаллических фундаментов древних платформ всей Земли и обоснована закономерность происхождения многообразия породных образований фундаментов из единого магматического мантийного источника.

Материалы и методы исследования. Материалы исследования собирались в течение 30 лет при обработке результатов глубинного геологического картирования кристаллического фундамента масштаба 1 : 200 000 территории Беларуси и прилегающих регионов. После изучения геологического строения Антарктиды по литературным источникам автор детально ознакомилась с геологией Балтийского щита вдоль побережья Баренцева моря (район Линнахамари), а также с керном Кольской сверхглубокой скважины. Изучен кристаллический фундамент центральных районов Украины в обнажениях докембрийских пород. В результате этих исследований обнаружилось поразительное сходство докембрийских породных образований не только приполярных регионов планеты, но и территории Украины и Беларуси, что стимулировало интерес к изучению пород фундаментов древних платформ и протовещества планеты, из которого образовалась земная кора.

Основным методом исследования минерального состава породных образований было петрографическое и петрологическое изучение керна скважин и шлифов пород фундамента, а также использование традиционных физико-химических методов (рентгеноскопический, спектральный и др.). Анализ химического состава большого количества породных ассоциаций позволил автору разработать новый метод использования кали-натровых отношений в определении формационной принадлежности породных образований, их относительного возраста и степени последующих преобразований. Большой опыт исследований строения и состава протовещества позволил автору выделить два структурно-вещественных комплекса – гранулитовый и гранулитогнейсовый, провести их формационный анализ и определить роль каждого в строении протокоры Земли.

Результаты и их обсуждение. В истории развития протокоры планеты Земля в раннем докембрии выделены два главных периода – догеологический и геологический.

Догеологический период (4,65–4,0 млрд лет). В этот период происходило накопление огромных масс первопланетного протовещества пикрито-толеитовых базальтов, по составу близких к углистым хондритам. По итогам геолого-петрологических исследований в разных регионах планеты сделан вывод о том, что процессы дифференциации накопленного единого протовещества начались рано и завершились примерно около 4,0 млрд лет назад. Такой возраст определен предположительно для древних ультрабазитов Земли [1].

Значительное влияние на состояние протовещества оказывали метеоритные бомбардировки астероидов, активно происходившие в течение 500–600 млн лет. С момента завершения аккреции под действием космических сил на планете возникли высокие температуры до 1000–1200 °С и выше, вызвавшие расплавление и фракционирование протопланетного вещества [2].

Относительно первичного состава протовещества мнения исследователей кардинально расходятся: от осадочного до магматического. Изучение типовых разрезов кристаллических фундаментов платформ показало повсеместное нахождение в них одинаковых по петрологическим и геохимическим свойствам типов пород, что позволяет установить общие закономерности эволюции единого первопланетного вещества на всем пространстве Земли и, что особенно важно, существование единых процессов его преобразования.

Геологический период (4,0–1,65 млрд лет). По происходящим событиям геологический период разделяется на катархейско-раннеархейский, архейский и раннепротерозойский этапы.

Катархейско-раннеархейский этап (4,0–3,15 млрд лет). Наша планета как геологическое тело стала развиваться очень быстро, в ней активно происходили процессы фракционирования с последующей магматической дифференциацией расплавленного мантийного протовещества пикрито-толеитового состава, близкого хондритам. Этими образованиями, обогащенными магнием в виде гидросиликата магния $Mg_2SiO_5H_2$ [3] были сложены первичные слои древних докембрийских платформ: Восточно-Европейской, Сибирской, Антарктической, Индийской, Австралийской и др. Сформированный первичный слой мантийного протовещества эндогенными процессами был разделен на нижний и верхний. В нижнем мантийном слое преобладало более высокотемпературное протовещество, отвечающее по составу оливиновым перидотитам и гарцбургитам, положившим начало возникновению мантии и первого мантийного меланократового слоя Земли, распространенного по всей ее поверхности. Продукты этого мантийного гранулитового комплекса сохранились в виде отдельных разнообразных по форме и размерам реликтов ультраосновных пород и небольших массивов, реже в пластинообразных телах, принимаемых за дайки.

В протовеществе верхнего мантийного слоя, близкого по составу толеитовым базальтам, процессы фракционирования и дифференциации привели к образованию мантийных дифференциатов: кристаллических сланцев, эндербитов и плагиогранитов с минимальным количеством калия, отраженного в низких кали-натровых отношениях (0,05–0,1 атм. %). Аналогичные отношения сохранились в породах, подстилающих дно океанов, вода в которых, по предположению ученых [3; 4], имеет эндогенный характер и первый океан образовался рано, что позволяет предполагать широкие масштабы распространения первых мантийных дифференциатов в самом раннем катархейско-раннеархейском этапе образования планеты. По мере истощения мантии и поступления из космоса лейкократовых элементов магматический вулканический расплав обогащался лейкократовыми компонентами, и прежде всего калием, что привело к росту кали-натровых отношений в последующих дифференциатах (0,1–0,25 атм. %). Процессы магматической дифференциации происходили неоднократно и их продукты отлагались по всему пространству растущей Земли. Поэтому на разных участках древних платформ планеты, разделенных тысячами километров, исследователи находят одинакового состава породные ассоциации, характеризующиеся близкими отношениями щелочей, что позволяет судить о едином источнике их образования и, возможно, о времени их возникновения [5]. Первые мантийные дифференциаты вулканического вещества катархейско-раннеархейского этапа сформировали породные ассоциации: кристаллические сланцы–эндербиты–плагиограниты, которые сохранились в виде останцов и скиалитов среди более поздних дифференциатов, обладающих более высокими отношениями щелочей. В итоге постоянного роста и развития протовещества планеты кристаллическими сланцами, эндербитами и плагиогранитами был образован мощный мантийно-коровый гранулитогнейсовый комплекс дифференциатов толеитовых базальтов, слагающих в катархейско-раннеархейский этап древние сегменты земной коры. Процессы дифференциации вулканических масс повторялись неоднократно и образовывали породные ассоциации в различных регионах Земли с кали-натровыми отношениями 0,1–0,25 атм. % и выше. В гранитах магматического генезиса величина кали-натровых отношений может вырасти до 1,5 атм. %, в осадочных породах отношения достигают 10 атм. %.

Дифференциаты гранулитогнейсового комплекса в разные периоды образовывали ряд: кристаллические сланцы–эндербиты–плагиограниты. Этими дифференциатами гранулитогнейсов, в составе которых кристаллические сланцы являлись типичными представителями, был сложен основной объем протокоры древних сегментов планеты, возраст пород которых исчисляется 3,75 млрд лет [6; 7]. Кристаллические сланцы мелко-тонкозернистые, почти черного цвета сложены плагиоклазом основного состава 30–65 %, гиперстеном 0–25, диопсид-авгитом не более 5, кварцем и биотитом 0–5, рудным минералом 0–3 %. Отличительной особенностью кристаллических сланцев являются изометричная форма зерен плагиоклаза и сохранившееся нередко их зональное внутреннее строение. По минеральному составу среди кристаллических сланцев выде-

ляют гиперстеновые, двупироксеновые, амфибол-двупироксеновые и другие, тесно пространственно ассоциирующие с массивами эндербитов и ортоклазовых плагиогранитов, сопоставимыми с гранулитогнейсовыми комплексами всех древних платформ. Среди наиболее высокотемпературных гиперстеновых кристаллических сланцев преобладали самые низкие кали-натровые отношения 0,04–0,07 атм. %. В процессе развития и роста протокрыши кристаллические сланцы образовывали многокилометровые слои в различных регионах древних платформ. Для них характерно повышенное содержание никеля, хрома, закисного железа, количество которого постоянно превышает окисное железо. Кристаллические сланцы на петрохимических диаграммах образуют плотное поле с преобладающими кали-натровыми отношениями 0,1–0,2 атм. %. Анализ химического состава кристаллических сланцев позволяет породы с содержанием кремнезёма 44–49 % относить к продуктам толеитовых базальтов, а содержащие кремнезёма 49–54 % и выше – к андезито-базальтам [8].

Вторым дифференциатом в составе гранулитогнейсового комплекса являются эндербиты, широко распространенные в кристаллическом фундаменте древних платформ. Диагностическими признаками пород служит макроскопическое присутствие в них голубого кварца и более лейкократовый облик по сравнению с кристаллическими сланцами. Породы окрашены в сероватый цвет с буроватым оттенком. Главные породообразующие минералы – плагиоклаз, гиперстен и кварц, количество которых может сильно варьировать. Содержание плагиоклаза (андезит-лабродор) 35–60 %, кварца 10–25, гиперстена 3–10, диопсид-авгита 0–5, калиевого полевого шпата криптопертита 0–5, сине-зеленой роговой обманки до 3, граната и биотита до 5 %.

Эндербиты образуют единые разрезы с кристаллическими сланцами и содержат их многочисленные ксенолиты от миллиметровых до километровых размеров. Между ними существуют постепенные переходы. Формирование эндербитов началось в ранний катархейский этап, продолжалось в архейский и завершилось в раннепротерозойский. Породы слагают огромные до 1000 км² мозаичные поля куполов и присутствуют почти во всех фундаментах древних платформ. Л. М. Степанюк получил возраст эндербитов от 3400 до 3800 млн лет [9], Е. В. Бибикова по ядру коричневатого (древнего) циркона из эндербитов определила Sm-Nd-методом возраст пород гайвороновского комплекса Украины 3650 млн лет [10].

Третьим дифференциатом мантийно-корового слоя выступают плагиограниты, находящиеся в тесной связи с эндербитами [11]. Породы образуют небольшие массивы изометричной формы, согласные тела и маломощные секущие прожилки, пронизывающие ранее образованные дифференциаты. Для пород характерно мелкозернистое, аплитовидное и равномернозернистое строение. Плагиограниты сложены плагиоклазом состава от олигоклаза до альбит-олигоклаза 20–60 %, кварцем 25–30, ортоклазом 10–15, гиперстеном, диопсид-авгитом около 5 %.

Анализ химического состава кристаллических сланцев, эндербитов и плагиогранитов показал близость в их составе некоторых компонентов: преобладание закисного железа над окисным, натрия над калием, близкие значения кали-натровых отношений (0,05–0,25; 0,08–0,26; 0,08–0,23 атм. %). Повышенное содержание Cr, Ni, Co, FeO. Дефицит кислорода подтверждает образование этих породных ассоциаций в глубинных горизонтах Земли из единого магматического источника. Наличие реликтов кристаллических сланцев всевозможных размеров и форм в эндербитах, эндербитов в плагиогранитах также подтверждает близость во времени их образования.

Использование разработанных автором кали-натровых отношений позволило на анализе большого количества материала различных регионов древних платформ от Восточно-Европейской до Сибирской установить и достоверно диагностировать формационную принадлежность и идентичность их породных ассоциаций и выделить ряд диагностических признаков, однозначных для всех регионов. Величины кали-натровых отношений кристаллических сланцев и эндербитов раннего этапа формирования практически идентичны 0,1–0,25 атм. %. Постоянное преобладание в породах закисного железа над окисным подтверждает их формирование в условиях дефицита кислорода и связь с мантией. Все дифференциаты, сформировавшие земную протокрышу на планете, – катархейско-раннеархейского этапа развития – кристаллизовались в спокойной тектонической обстановке при высоких температурах и давлениях [6].

Архейский этап (3,15–2,50 млрд лет) стал началом активного преобразования всей образовавшейся протокры гранулитового и гранулитогнейсового комплексов на планете Земля. Этот единый для нее этап отражает завершение катархейско-раннеархейского формирования протокры и возникновение неоднородности ее мантийно-корового слоя, что привело к образованию многообразия. До появления зон тектономагматической активизации породы гранулитового и гранулитогнейсового комплексов катархейского этапа почти полностью сохраняли первичные парагенезисы и минералы – плагиоклаз основного состава, гиперстен, диопсид-авгит и лишь в редких случаях в них происходило незначительное замещение пироксенов красновато-бурым биотитом.

К середине архея процессам преобразования подверглись все ранее образованные породы, оказавшиеся в условиях более низких температур и давлений. На значительных пространствах древних платформ проявились мощные процессы преобразования кристаллических сланцев в амфиболсодержащие, диопсид-авгитовые, амфиболовые и двупироксеновые, амфибол-плагиоклазовые и другие плагиогнейсы и амфиболиты. В эндербитах происходили преимущественно процессы структурных преобразований: рассланцевания, кристаллизации и собирательной перекристаллизации. В породах происходило постепенное исчезновение пироксенов и замещение их зеленой роговой обманкой гастингситового ряда и красновато-бурым биотитом. Процессы преобразования в архейском этапе проходили повсеместно и долго в гранулитовом и гранулитогнейсовом комплексах на всех древних платформах. Всевозможные процессы всех происходящих преобразований кристаллических сланцев в различные по минеральному составу плагиогнейсы подробно рассмотрены в [11].

Последовавшие усиления активных структурно-вещественных преобразований состава протокры, стимулированные воздействием на планету космических и эндогенных сил, привели к появлению в недрах планеты зон тектономагматической активизации и возникновению в них расплавленных толеит-андезитовых базальтов. Внедрение базальтов и их кристаллизация происходили на разных уровнях зон и сопровождалась поднятием магматических масс, образовавших различных размеров и состава диапиры и массивы эндербитов сложного состава, ставших ядрами консолидации земной коры. Диапиры образовывали преимущественно купольные структуры проявленными на поверхности массивами изометричной формы. Для эндербитов зон характерны калий-натровые отношения 0,3–0,4 атм. % и выше.

В этот период в кристаллическом фундаменте Запада ВЕП возникла обширная Центрально-Белорусская тектоническая зона северо-восточного простирания, ставшая в последующие этапы протерозойского и палеозойского развития Земли, по представлению авторов [12], зоной сближения в единый блок Фенноскандии, Сарматии и, возможно, Волго-Уралии. К середине архея в этой зоне активизировались процессы диапиризма, сопровождавшиеся внедрением крупных массивов эндербитов. Вмещающими породами служили мелкозернистые образования перетокской толщи. Среди эндербитовых массивов в центре зоны располагался крупный (1500 км²) Бобовнянский массив концентрически-зонального внутреннего строения с незначительными по объему округлой формы образованиями чарнокитов метасоматического происхождения. Породы, слагающие Бобовнянский массив, преимущественно крупнозернистые, порфирировидные, подвергшиеся плагиобластезу и метасоматическим процессам изменения. В рапакивиподобных частях массива калий резко преобладает над натрием. Породы порфирировидной или овоидной текстуры часто имеют вид очковых гнейсов, с мелкозернистым полевошпатовым или кварц-полевошпатовым агрегатом вокруг крупных образований.

В эндербитах этой тектонической зоны, образовавшихся в архее, не испытавших процессов калиевого метасоматоза, присутствует только криптопертитовый калиевый полевошпат и микроклин в пленочных образованиях, отмечается также обогащенность массива кальцием, стронцием и железом. Поэтому отнесение пород к гранитам некоторыми исследователями несколько некорректно.

В проявившихся к концу архейского этапа зонах тектономагматической активизации в кристаллических фундаментах почти всех древних платформ наблюдается появление в гнейсах новых пороодообразующих минералов: граната, кордиерита, силлиманита, андалузита, реже графита.

та. Состав гранат-биотитовых плагиогнейсов: плагиоклаз № 17-45 20–40 %, кварц 15–30, биотит 15–20, гранат 0–10, силлиманит-фибролит 0–0,5, калиевый полевой шпат и кордиерит 0–10 %, в незначительном количестве может присутствовать мусковит. Гиперстен, если присутствует в них, образует крупные зерна, переполненные микровключениями темноцветных и рудных минералов. Гранат, кордиерит и силлиманит выделяются также более крупными размерами зерен на фоне мелкоагрегатных масс плагиоклаза и кварца.

Протопородами рассмотренных выше гнейсов являлись кристаллические сланцы, эндрбиты и плагиограниты раннеархейского возраста, что подтверждается высоким содержанием в гнейсах железа и преобладанием закисной формы железа над окисной, а также низким содержанием калия в неремобилизованных породах. Особое внимание украинских геологов в течение более 100 лет привлекают «бердичевские граниты», уникальность которых в их составе: по содержанию главных породообразующих минералов – кварца, плагиоклаза и гиперстена – они близки к плагиогранитам, но содержат нехарактерные для гранитов гранат, кордиерит, силлиманит-фибролит, андалузит и графит. Эти образования занимают огромные пространства и объемы [1]. Бердичевские граниты, как и все другие породы в этом регионе, катаклазированы и милонитизированы, что подтверждается содержанием в них многочисленных угловатой формы ксенолитов мелкозернистых темных пород, между которыми и субстратом наблюдаются постепенные переходы. По химическому составу породы субстрата и ксенолитов одинаковые в каждом конкретном месте. Кали-натровые отношения в бердичевских гранитах около 0,3–0,35 атм. %. Температура образования гранат-кордиерит-биотитовых гнейсов определена 760–800 °С, давление в 800–1000 МПа [11].

Процессы активного преобразования огромных масс кристаллических сланцев, эндрбитов и плагиогранитов начались в середине архея. Они связаны с гранитизацией (чарнокитизацией), которая имела локальный характер и происходила в основном без летучих компонентов и водных растворов при незначительном участии щелочей. К этому периоду поменялось направление зон тектономагматической активизации с северо-восточного на субширотное.

Раннепротерозойский этап (2,50–1,65 млрд лет). С конца архейского этапа на Земле значительно усилились тектономагматические движения в кристаллических фундаментах всех древних платформ, сопровождавшиеся невиданным в истории Земли поступлением в ее недра растворов, насыщенных калием, что способствовало развитию мощных преобразовательных процессов протерозойской гранитизации и гранитообразования. Наступившие грандиозные события в раннем протерозое в развитии нашей планеты вызвали появление в большом объеме калия, метасоматоз и магмаобразование в возникших зонах, что привело к изменению структурного плана поверхности Земли и способствовало континентализации ее верхнего слоя. Этот процесс был долгим и проявленным на всех древних платформах с различной степенью интенсивности, зависящей от тектонического состояния региона и глубины проявления деструкций.

В раннепротерозойский этап в Осницко-Микашевичской зоне глубокого заложения ранее образованные дифференциаты – кристаллические сланцы, эндрбиты и плагиограниты под действием протерозойских растворов и пониженных температур были превращены в роговообманковые диориты, гранодиориты и плагиограниты. Все разновидности этих пород сохранили между собой постепенные переходы и значительное распространение. Диориты темно-серого, до черного, цвета с зеленоватым оттенком, тонко-среднезернистые, массивные или рассланцованные. В их составе присутствует основной плагиоклаз 45–50 %, обыкновенная и голубовато-зеленая роговая обманка 25–30, кварц 5–7, калиевый полевой шпат 1–3, биотит темно-бурого цвета 0–3 %.

Рассмотренные породные ассоциации прошли сложный путь преобразований, что проявлено в них присутствием всех породообразующих минералов в нескольких генерациях, коррозионными отношениями между плагиоклазом и темноцветными минералами. Во всех разновидностях пород от диорита до гранита наблюдаются реакционные взаимоотношения калиевого полевого шпата с плагиоклазом (калиевый метасоматоз).

Ремобилизованные в раннепротерозойском этапе эндрбиты, гранодиориты, граниты сложены плагиоклазом, кварцем, роговой обманкой и биотитом. В диоритах отмечены многочисленные темные реликтовые пятна тонкозернистой роговообманковой породы – ремобилизованных

кристаллических сланцев. Для диоритов (диорит-эндербитов) характерно присутствие выделений зерен голубого кварца округлой формы, который сохранился в породах даже при их активной калишпатизации. Местами наблюдается частичный переход пород в чарнокиты, при этом они приобретают серовато-розовый оттенок, становятся крупно- и среднезернистыми, массивными с характерными для них многочисленными реликтами пород более темного цвета. В диоритах прослеживается постепенный переход к более кислым гранодиоритам и плагиогранитам, значительно меняются кали-натровые отношения от 0,23 атм. % в диоритах до 0,47 в гранодиоритах калишпатизированных и в плагиогранитах 0,35 атм. %. Продолжаются структурные преобразования и изменяется их первичный минеральный состав: появляется зелено-бурый биотит вместо красновато-бурого, вместо гиперстена и основного плагиоклаза может образоваться гранат – типичный минерал мигматизированных эндербитов. Процессы преобразований раннепротерозойской гранитизации проявлялись в породах в виде окварцевания, калишпатизации, хлоритизации и других вторичных изменений.

Выводы

1. Проведенные исследования позволяют утверждать, что все единое протовещество планеты возникло из расплавленных огромных по объему вулканоплутонических высокотемпературных масс, сформированных в условиях, близких гранулитовой фации метаморфизма.

2. По химическому составу протовещество планеты Земля соответствовало пикрито-толеитовым базальтам, из которых в процессе фракционирования образовалась мантия, первый меланократовый мантийный слой протокоры и два комплекса – гранулитовый и гранулитогнейсовый.

3. Процессы дифференциации протовещества начались около 4 млрд лет, продолжались неоднократно и первые мантийные дифференциаты – кристаллические сланцы, эндербиты и плагиограниты – имели минимальное содержание калия и низкие кали-натровые отношения, близкие породам дна океанов.

4. По мере истощения мантии и поступления из космоса лейкократовых компонентов, количество калия медленно возрастало и сопровождалось ростом кали-натровых отношений в формирующихся породах гранулитогнейсовых комплексов, что достаточно условно может отражать время формирования породных дифференциатов.

5. Применение в исследовании разработанных автором кали-натровых отношений в породных ассоциациях наглядно отражает смену их химического состава в процессе формирования и степень преобразования. Величины кали-натровых отношений сменялись от 0,05 до 0,1 атм. % в мантийных дифференциатах и до 0,3–0,4 атм. % и выше в диапирах эндербитов тектономагматических зон архея.

6. Многообразие породных образований, наблюдаемых в кристаллических фундаментах всех древних платформ, возникло в конце раннего архея в результате проявления архейской гранитизации (чарнокитизации). До этого процесса ранее образованные породы формировались в спокойной тектонической обстановке в условиях отсутствия летучих, водных и щелочных растворов.

7. Изучение преобразованных мантийно-коровых дифференциатов: кристаллических сланцев, эндербитов и плагиогранитов, сохранившихся до раннего протерозоя в виде роговообманковых диоритов, гранодиоритов и плагиогранитов, содержащих голубой кварц, позволяет предполагать их раннеархейский возраст. Многократные процессы их структурных и минеральных преобразований однозначно подтверждаются существованием в породах минералов в нескольких генерациях и коррозионными отношениями между лейкократовыми и меланократовыми минералами.

8. Образование многообразия породных формирований из единого протовещества является одним из законов природных явлений.

Список использованных источников

1. Щербаков, И. Б. Петрология Украинского щита / И. Б. Щербаков. – Львов, 2005. – 366 с.
2. Яковлев, Б. Г. Эволюция гранулитового метаморфизма гипербазит-базальтовых комплексов раннего докембрия: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук / Б. Г. Яковлев. – Киев, 1992. – 48 с.

3. Оганов, А. Земля. Прятки под мантией / Артём Оганов // Наука и жизнь. – 2022. – № 4. – С. 2–8.
4. Говоров, И. Н. Происхождение океанических базальтов по петрографическим данным / И. Н. Говоров // Магматические и метаморфические породы дна океана и их генезис. – М., 1983. – С. 24–36.
5. Доминиковская, Д. А. Эволюция земной коры раннего докембрия / Д. А. Доминиковская, Г. Г. Доминиковский. – Минск, 1991. – 215 с.
6. Равич, М. Г. Кристаллический фундамент Антарктической платформы / М. Г. Равич, Е. Н. Каменев. – Л., 1972. – 658 с.
7. Артёмченко, Г. Ф. 3400 млн лет – минимальный возраст тоналитов Васильковского участка Орехово-Павлоградской зоны / Г. Ф. Артёмченко, В. В. Демидюк, Е. Н. Бартницкий // Геол. журн. – 2001. – № 2. – С. 88–95.
8. Доминиковская, Д. А. О первичной природе и формационной принадлежности кристаллических сланцев раннего докембрия Белоруссии и кали-натровых отношениях / Д. А. Доминиковская, А. С. Махнач // Докл АН БССР. – 1987. – Т. 31, № 8. – С. 736–739.
9. Степанюк, Л. М. Геохронология докембрия Западной части Украинского щита (архей – палеопротерозой): автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук / Л. М. Степанюк. – Киев, 2000. – 34 с.
10. Эволюция во времени и металлогеническая специализация раннедокембрийской коры Украинского щита / Н. П. Щербак [и др.] // Минерал. журн. – 2003. – Т. 25, № 4. – С. 82–92.
11. Доминиковский, Г. Г. Петрология докембрия Белоруссии / Г. Г. Доминиковский, Д. А. Доминиковская. – Минск, 1978. – 195 с.
12. Глубинное строение Центрально-Белорусской шовной зоны по геофизическим данным / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Литасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 101–112.

References

1. Shherbakov I. B. *Petrology of the Ukrainian shield*. Lvov, 2005. 366 p. (in Russian).
2. Yakovlev V. G. *Evolution of granulite metamorphism in early Precambrian hyperbasic-basaltic complexes*. Kyiv, 1992. 48 p. (in Russian).
3. Oganov Artyom. Earth. Hide and seek under the mantle. *Nauka i zhizn'* [Science and Life], 2022, no. 4, pp. 2–8 (in Russian).
4. Govorov I. N. Origin of oceanic basalts according to petrographic data. *Magmaticheskije i metamorficheskiye porody okeanicheskogo dna i ikh genezis* [Igneous and metamorphic rocks of the ocean floor and their genesis]. Moscow, 1983, pp. 24–36 (in Russian).
5. Dominikovskaya D. A., Dominikovskij G. G. *The evolution of the earth's crust of the early Precambrian*. Minsk, 1991. 215 p. (in Russian).
6. Ravich M. G., Kamenev E. N. *Crystalline basement of the Antarctic Platform*. Leningrad, 1972. 658 p. (in Russian).
7. Artyomenko G. F., Demidyuk V. V., Bortnitsky E. N. 3400 Ma is the minimum age of the tonalites of the Vasilkovsky section of the Orekhovo-Pavlograd zone. *Geologicheskii zhurnal = Geological Journal*, 2002, no. 2, pp. 88–95 (in Russian).
8. Dominikovskaya D. A., Makhnach A. S. On the primary nature and formation affiliation of crystalline schists of the Early Precambrian of Belarus and potassium-sodium relations. *Doklady Akademii nauk BSSR = Report of the Academy of Sciences of the BSSR*, 1987, vol. 31, no. 8, pp. 736–739 (in Russian).
9. Stepanyuk L. M. *Geochronology of the Precambrian of the Western part of the Ukrainian shield (Archaean – Paleoproterozoic)*. Kyiv, 2000. 34 p. (in Russian).
10. Shherbak N. P., Bibikova E. V., Skobelev V. M., Shherbak D. N. Time evolution and metallogenic specialization of the Early Precambrian crust of the Ukrainian Shield. *Mineralogicheskii zhurnal = Mineralogical Journal*, 2003, vol. 25, no. 4, pp. 82–92 (in Russian).
11. Dominikovskij G. G., Dominikovskaya D. A. *Petrology of the Precambrian of Belarus*. Minsk, 1978. 195 p. (in Russian).
12. Garetsky R. G., Karataev G. I., Golobokov S. V., Dankevich I. V. Depth structure of the Central-Belarusian suture zone from geophysical data. *Litasfera = Lithosphere*, 2006, no. 1(24), pp. 101–112 (in Russian).

Информация об авторе

Доминиковская Диана Алексеевна – канд. геол.-минер. наук, доцент. Институт геологии Научно-производственного центра по геологии (ул. Купревича, 7, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dianadomini@gmail.com.

Information about the author

Dominikovskaya Diana A. – Ph. D. (Geology), Associate Professor. Institute of Geology of the Research and Production Center for Geology (7, Kuprevich Str., 220084, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dianadomini@gmail.com.