

УДК 551.8

ПАЛЕОМАГНИТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОСТИ ИСЛАНДСКОГО ПЛЮМА И ЕГО РАННЕМЕЛОВОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОШИРОТНОЙ АРКТИКЕ

© 2021 г. Д. В. Метелкин^{1,2, *}, В. В. Абашев^{2,1},
академик РАН В. А. Верниковский^{2,1}, Н. Э. Михальцов^{2,1}

Поступило 05.07.2021 г.

После доработки 23.07.2021 г.

Принято к публикации 31.08.2021 г.

Представлены реконструкции, отражающие стационарное положение и палеогеографию Исландского плюма, его непосредственную связь с мезозойско-кайнозойскими крупными изверженными провинциями Северной Атлантики и Арктики. Главным доказательством стационарности Исландской горячей точки являются палеомагнитные данные по траппам архипелага Земля Франца-Иосифа. Выполненные построения свидетельствуют, что включающий их Баренцевоморский магматический ареал является одним из следов Исландского плюма и формировался в составе крупной изверженной провинции Высокоширотной Арктики в результате относительно краткого одноактного события около 125 млн лет назад. Ранее предполагаемые ранне- и среднеюрские вспышки базальтоидного магматизма на Земле Франца-Иосифа не находят аналогов в смежных территориях современной Арктики.

Ключевые слова: Исландская горячая точка, крупная изверженная провинция Высокоширотной Арктики, архипелаг Земля Франца-Иосифа, раннемеловая палеогеография Арктики

DOI: 10.31857/S2686739721120070

Одним из наиболее значимых магматических событий в мезозойской геологической истории Арктического региона является мощная вспышка плюмового магматизма, приведшая на рубеже поздней юры—раннего мела к образованию крупной изверженной провинции, фрагменты которой впоследствии, при раскрытии котловин Северного Ледовитого океана, оказались разобщены и сохранились ныне в виде отдельных ареалов, покрывающих обширные пространства подводных хребтов и некоторые островные поднятия на территории современной Высокоширотной Арктики [1–3]. В связи с этим провинция получила свое название High Arctic Large Igneous Province (HALIP). В частности, в составе HALIP объединяют магматический ареал Канадского Арктического архипелага, ареал Центральной и Восточной Арктики, включающий подводные хребты Альфа-Менделеева и акваторию архипелага Де-

Лонга и, наконец, Баренцевоморский ареал, куда входят траппы архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) (рис. 1). Наши исследования затрагивают в первую очередь территорию ЗФИ [7–11].

Длительность формирования HALIP по имеющимся геохронологическим данным оценивается интервалом не более 50 млн лет и сопоставляется с этапом раскрытия Канадской котловины (Американского бассейна) около 130–80 млн лет назад [5, 12, 13]. Причем интервал этой оценки возраста магматизма, вероятно, превышает его реальную продолжительность. Полученные единичные прецизионные U–Pb–определения и результаты интерпретации геофизических профилей по Баренцевоморскому ареалу указывают на то, что трапповый магматизм здесь не выходит за пределы баррем-аптского интервала, т.е. около 130–110 млн лет [14, 15]. Такая оценка лучше отвечает современным представлениям о средней продолжительности формирования крупных изверженных провинций. Тем не менее результаты Ar–Ar–датирования траппов ЗФИ по данным [16] указывают на значительно более длительную и, вероятно, многоэтапную историю плюмового магматизма при формировании Баренцевоморского ареала HALIP. В частности, полученные оценки предполагают, как минимум, три относительно кратких импуль-

¹ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

*E-mail: metelkindv@ipgg.sbras.ru

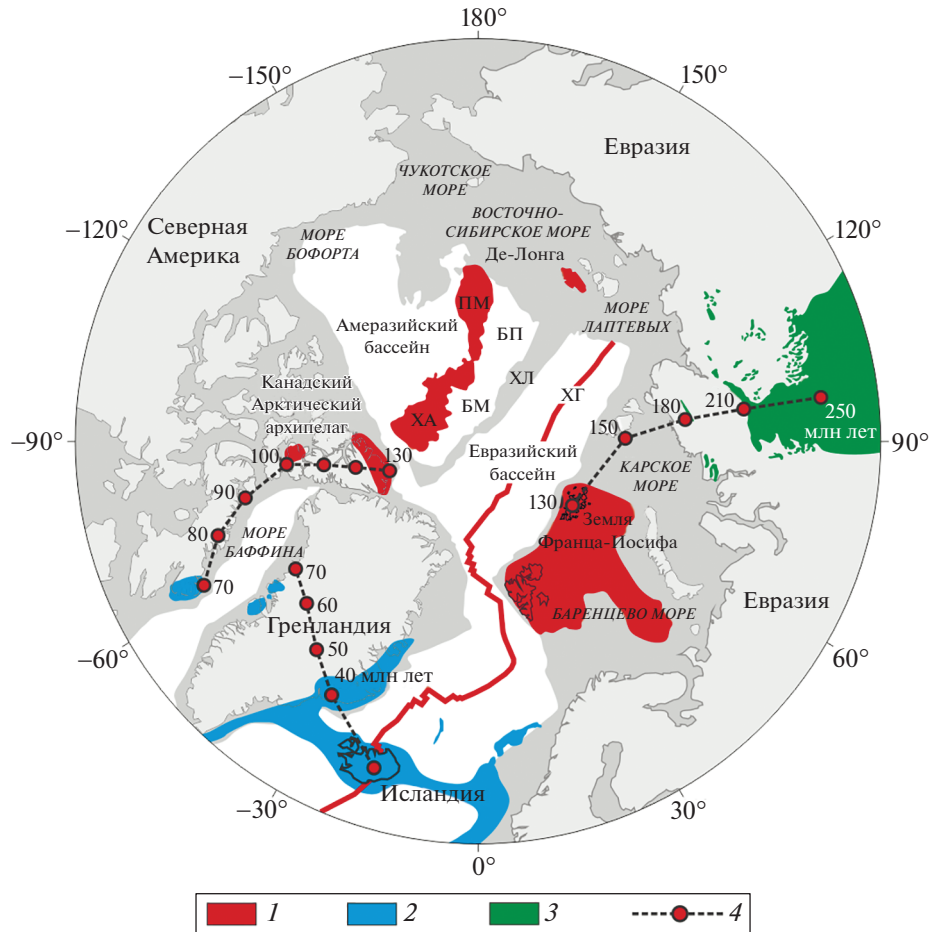


Рис. 1. Ареалы мезозойско-кайнозойских крупных магматических провинций и реконструируемый след Исландского плюма (по [4–6] с исправлениями и дополнениями). 1 – HALIP; 2 – NAIP; 3 – Сибирская магматическая провинция; 4 – трек Исландского плюма. ХГ – хребет Гаккеля; ХЛ – хребет Ломоносова; БП – бассейн Подводников; БМ – бассейн Макарова; ПМ – поднятие Менделеева; ХА – хребет Альфа.

са магматизма на ЗФИ 190–180, 160–150 и около 140–110 млн лет назад с ярко-выраженной периодичностью 20–30 млн лет [3].

Существует несколько принципиальных геодинамических моделей, в том числе объясняющих стадию магматической активности в Арктике, благодаря усилению восходящего возвратного потока верхнемантийных конвективных ячеек [17], однако главный механизм формирования HALIP, в основном, связывают с эволюцией более глубинного источника, поверхностным проявлением которого является Исландская горячая точка [4]. В ряде работ высказывается идея о том, что Исландский плюм ответственен не только за формирование HALIP, но также Сибирских траппов около 250 млн лет назад и более древних провинций Северо-Восточной Азии [6]. Достоверно след этой горячей точки прослежен для позднего мезозоя-кайнозоя от магматических ареалов HALIP через территорию Гренландии (Североатлантическая изверженная провинция – NAIP) до

современного положения Исландии (рис. 1). В пользу предположений о едином источнике траппового магматизма HALIP и Исландии свидетельствуют изотопно-геохимические данные. В частности, значения ϵNd в базальтах ЗФИ, поднятий Де-Лонга и Менделеева не отличаются от Исландии [11].

Исландский плюм находится над северной периферией обширной области низких сейсмических скоростей в мантии (Large Low Shear Velocity Province – LLSVP), которая объединяет горячие поля в области влияния одного из двух гигантских суперплюмов Земли, а именно Африканского (Tuzo) [18, 19]. Согласно имеющимся геодинамическим моделям, горячие поля LLSVP являются стационарными и сохраняют свою позицию на протяжении очень длительного времени. В частности, показано, что отдельные восходящие потоки (плюмы) Tuzo стабильны, как минимум, последние 300 млн лет [6, 19]. По аналогии следует предполагать также стационарность Исландской

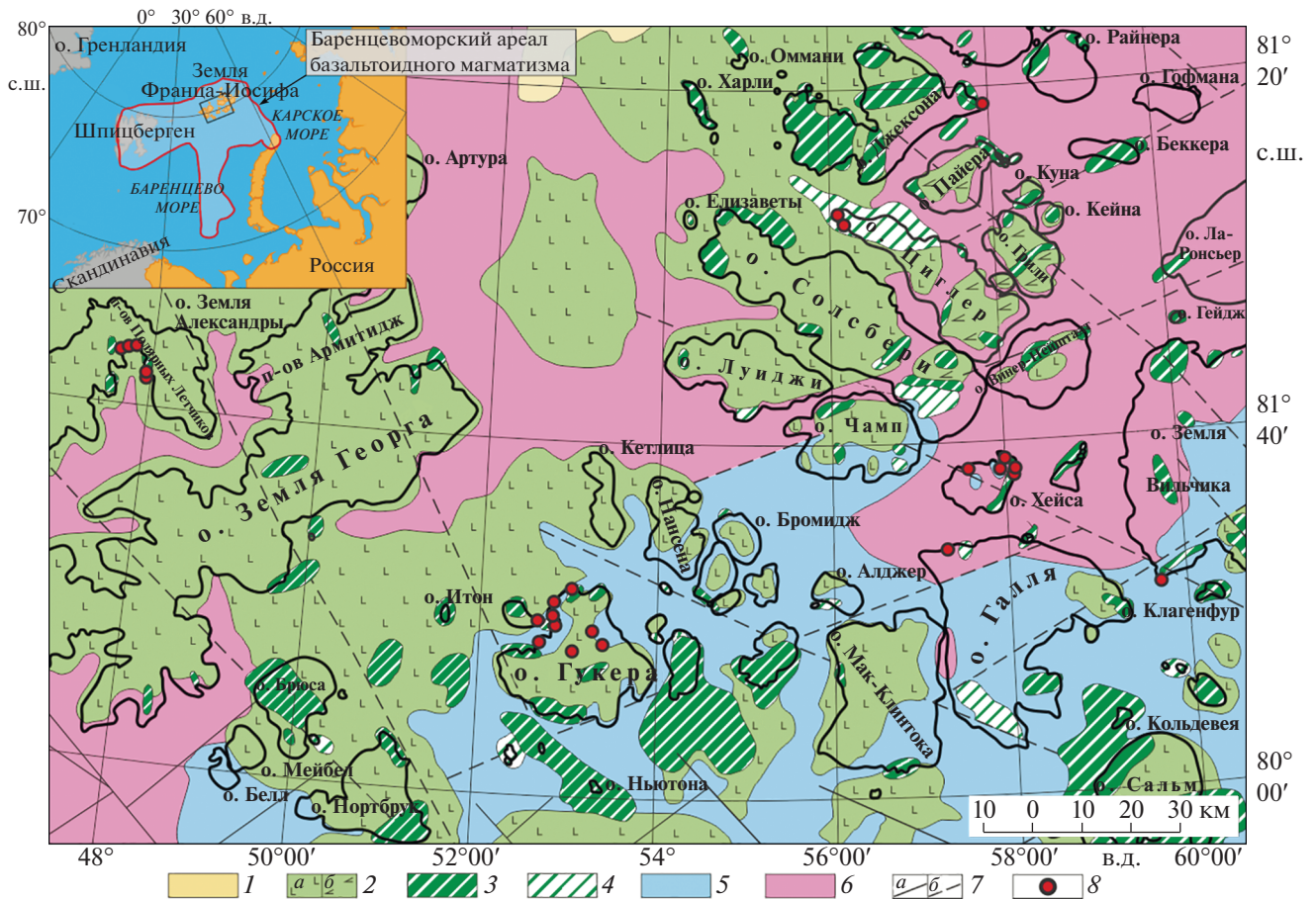


Рис. 2. Схема геологического строения изученной территории ЗФИ [8]: 1 – олигоцен-плиоценовые отложения (алевриты, глины); 2–4 – юрско (?) – раннемеловой трапповый комплекс (базальты, габбро, долериты); 5 – юрский терригенный комплекс (аргиллиты, алевролиты, песчаники, пески); 6 – триасовый терригенный комплекс (пески, песчаники, глины, аргиллиты, алевролиты); 7 – разломы достоверные (а) и предполагаемые (б); 8 – точки палеомагнитного опробования. На врезке – контур Баренцевоморского ареала HALIP.

горячей точки и, в таком случае, использовать координаты Исландии в качестве широтного и долготного репера при палеотектонических построениях для анализа эволюции Арктического региона и, в частности, HALIP.

Доказательством палеогеографической стабильности Исландского плюма последние 125 млн лет являются полученные нами палеомагнитные определения по траппам ЗФИ [8, 11]. Всего изучено более 700 ориентированных образцов, включающих базальты всех трех по данным [16, 17] магматических импульсов на территории 8 крупных островов архипелага ЗФИ: Гукера, Земля Александры, Хейса, Ферсмана, Галля, Циглера, Джексона и Вильчика (рис. 2). Анализ геохронологических данных, включая авторские Ar–Ar-определения, не подтверждают выводы об эпизодическом характере плюмового магматизма и широком проявлении юрских импульсов на ЗФИ [10]. Сходство виртуальных геомагнитных полюсов, исключительное преобладание прямой полярно-

сти определенно свидетельствуют о том, что абсолютное большинство магматических тел архипелага ЗФИ сформированы в начале мелового суперхрона (Cretaceous Long Normal Superchron), а рассчитанный средний палеомагнитный полюс $Plat = 69.0^\circ$; $Plong = 180.3^\circ$; $A95 = 3.7^\circ$; $N = 52$ может быть датирован рубежом баррем–апт, около 125 млн лет [8, 10, 11]. Реконструируемая таким образом палеоширота ЗФИ ($62.7^\circ \pm 3.7^\circ$ с.ш.) совпадает с широтой Исландии (65° с.ш.) и наряду с петролого-геохимическими подтверждениями является аргументом в пользу модели, представляющей магматические провинции Исландии и Высокоширотной Арктики в виде следа одного и того же долгоживущего плюма [4, 6, 11, 13]. На эту главную магматическую последовательность может накладываться более краткая периодичность, обусловленная действием нестационарных верхнемантийных конвективных ячеек, как показано в [17].

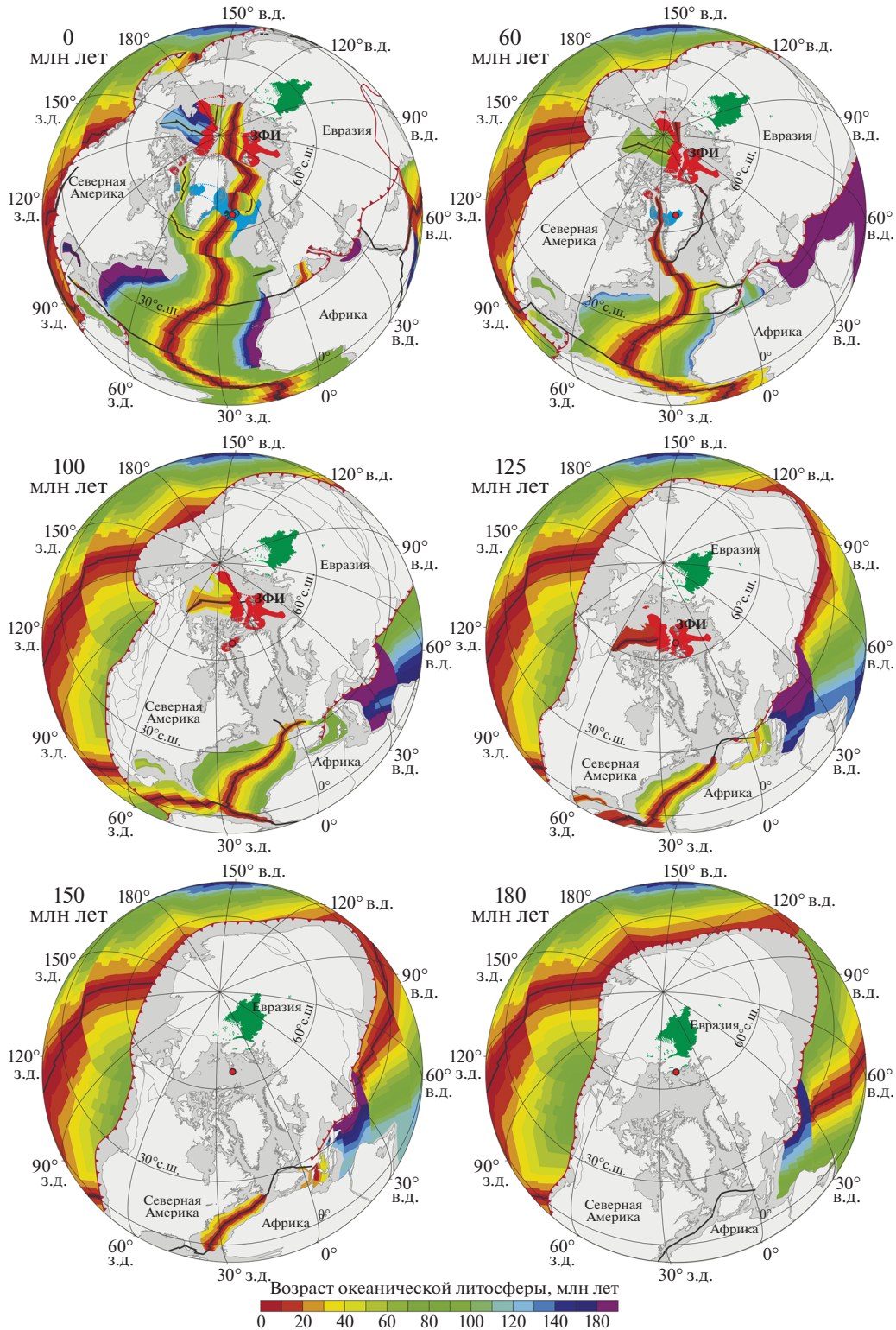


Рис. 3. Палеогеография Исландского плума и потенциально связанных с ним магматических проявлений для позднего мезозоя-кайнозоя. Возраст океанической литосферы на реконструкции отсчитывается от момента, для которого она построена (указано слева). Красные линии с треугольниками обозначают зоны субдукции, черные линии – срединно-океанические хребты и трансформные разломы, цвет магматических провинций как на рис. 1.

Используя постулаты этой модели, сведения о линейных магнитных аномалиях, позволяющие восстановить кинематику раскрытия океанических бассейнов Северной Атлантики и Арктики [5, 20], авторские палеомагнитные данные, составлена серия реконструкций, отражающая палеогеографию Исландского плюма и его связь с мезозойско-кайнозойскими крупными изверженными провинциями (рис. 3).

Согласно нашим построениям, в раннемеловое время (125 млн лет назад), сразу после начавшегося раскрытия Канадской котловины под влиянием Исландского плюма попадает неразделенная в то время территория ЗФИ, современных подводных хребтов Альфа, Менделеева и островов Де-Лонга, что в итоге привело к образованию обширного ареала HALIP (см. рис. 3). Предполагаемые срединные хребты Американо-Атлантической котловины вырождаются в направлении этой континентальной окраины, образуя тектоническую картину, отдаленно напоминающую современную Исландию.

На рубеже 100 млн лет назад плюм оставляет свой след на островах Канадского Арктического архипелага. Затем, около 60 млн лет назад на тех же координатах оказывается центральная часть современной западной окраины Гренландии и Баффинова Земля, начинают формироваться NAIP и спрединговый хребет моря Лабрадор, отделивший Гренландию от Канадской плиты (см. рис. 3). Немного позднее спрединговая система Приарктической Атлантики продвигается далее на север, образуя хребет Гаккеля, отвечающий за раскрытие Евразийской котловины Северного Ледовитого океана, которая, в свою очередь, разделила HALIP на две крупные части: ареалы Канадского Арктического архипелага, Центральной и Восточной Арктики, с одной стороны, и Баренцево-морский, включая территорию архипелага ЗФИ, с другой (см. рис. 1).

Для проверки альтернативной гипотезы о наличии на ЗФИ следов не только раннемелового, но и юрского плюмового магматизма, используя тот же аппарат, построены реконструкции для потенциальных магматических импульсов 150 и 180 млн лет назад (см. рис. 3). В соответствии с нашими построениями над центром Исландского плюма 150 млн лет назад оказывается северная акватория архипелага Северная Земля, а 180 млн лет назад — побережье Таймырского полуострова (см. рис. 3). Нигде из указанных районов юрские базальты не известны, что может рассматриваться как довод против предполагаемой периодичности и без малого 100 млн-летней истории плюмового магматизма Баренцево-морского ареала HALIP и траппов ЗФИ, в частности. Также очевидно, что если полученные ранее юрские (190–150 млн лет) оценки возраста базальтов ЗФИ не

являются артефактом, то отвечающие им магматические тела не имеют отношения к проявлению плюмового магматизма HALIP ни по объемам, ни по расположению относительно предполагаемого источника.

Таким образом, полученные данные и выполненные построения свидетельствуют, что проявления внутриплитной магматической активности в Высокоширотной Арктике являются следствием миграции литосферных плит этого региона над Исландским плюмом, который сохранял свое стационарное положение на северной периферии горячего поля Tuzo как минимум последние 125 млн лет. Формирование Баренцево-морского ареала HALIP является одноактным событием раннемелового этапа геологической истории Арктики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне признательны рецензенту настоящей работы за высказанные замечания.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 19-17-00091, 21-17-00052).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tarduno J.A., Brinkman D.B., Renne P.R., et al.* Evidence for Extreme Climatic Warmth from Late Cretaceous Arctic Vertebrates // *Science*. 1998. V. 282. P. 2241–2244.
2. *Buchan K.L., Ernst R.E.* Giant Dyke Swarms and the Reconstruction of the Canadian Arctic Islands, Greenland, Svalbard and Franz Josef Land. In Hanski E. (Ed) *Dyke Swarms – Time Markers of Crustal Evolution*. London: Taylor & Francis. 2006. P. 27–48.
3. *Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Карякин Ю.В. и др.* Мезозойско-кайнозойский вулканизм и этапы геодинамической эволюции Центральной и Восточной Арктики // *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54. № 8. С. 1126–1144.
4. *Lawver L.A., Müller D.* Iceland Hotspot Track // *Geology*. 1994. V. 22. P. 311–314.
5. *Gaina C., Medvedev S., Torsvik T.H., et al.* 4D Arctic: A Glimpse into the Structure and Evolution of the Arctic in the Light of New Geophysical Maps, Plate Tectonics and Tomographic Models // *Surveys in Geophysics*. 2014. V. 35. P. 1095–1122.
6. *Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В., Кравчинский В.А.* Фанерозойский внутриплитный магматизм Северной Азии: абсолютные палеогеографические реконструкции африканской низкоскоростной мантийной провинции // *Геотектоника*. 2011. № 6. С. 3–23.
7. *Михальцов Н.Э., Карякин Ю.В., Абашев В.В. и др.* Геодинамика Баренцево-Карской окраины в мезозое на основе новых палеомагнитных данных для пород архипелага Земля Франца-Иосифа // *ДАН*. 2016. Т. 471. № 6. С. 692–696.

8. *Абашев В.В., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э. и др.* Палеомагнетизм траппов архипелага Земля Франца-Иосифа // Геология и Геофизика. 2018. Т. 59. № 9. С. 1445–1468.
9. *Абашев В.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. и др.* Особенности формирования вулканической провинции архипелага Земля Франца-Иосифа (Северный Ледовитый океан): оценка направления движения расплава по результатам изучения анизотропии магнитной восприимчивости // ДАН. 2019. Т. 486. № 2. С. 197–201.
10. *Абашев В.В., Метелкин Д.В., Верниковский В.А. и др.* Раннемеловой возраст базальтов архипелага Земля Франца-Иосифа: соответствие новых $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и палеомагнитных данных // ДАН. 2020. Т. 493. № 1. С. 16–20.
11. *Абашев В.В.* Эволюция базальтоидного магматизма архипелага Земля Франца-Иосифа по палеомагнитным и геохронологическим данным: автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00.03. Москва. 2020. 18 с.
12. *Grantz A., Clark D.L., Phillips R.L., et al.* Phanerozoic Stratigraphy of Northwind Ridge, Magnetic Anomalies in the Canada Basin, and the Geometry and Timing of Rifting in the Amerasia Basin, Arctic Ocean // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1998. V. 110. P. 801–820.
13. *Jowitt S.M., Williamson M.-C., Ernst R.E.* Geochemistry of the 130 to 80 Ma Canadian High Arctic Large Igneous Province (HALIP) Event and Implication for Ni-Co-PGE Prospectivity // *Econ. Geol.* 2014. V. 109. P. 281–307.
14. *Corfu F., Polteau S., Planke S., et al.* U-Pb Geochronology of Cretaceous Magmatism on Svalbard and Franz Josef Land, Barents Sea Large Igneous Province // *Geol. Mag.* 2013. V. 150 (6). P. 1127–1135.
15. *Polteau S., Hendriks B.W.H., Planke S., et al.* The Early Cretaceous Barents Sea Sill Complex: Distribution, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology, and Implications for Carbon Gas Formation // *Palaeo.* 2016. V. 441. P. 83–95.
16. *Шутилов Э.В., Карякин Ю.В.* Баренцевоморская магматическая провинция: геолого-геофизические свидетельства и новые результаты определения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возраста // ДАН. 2011. Т. 439. № 3. С. 376–382.
17. *Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В. и др.* Геодинамическая модель развития арктического бассейна и примыкающих территорий для мезозоя и кайнозоя и внешняя граница континентального шельфа России // *Геотектоника.* 2013. № 1. С. 3–35.
18. *Zhao D.* Seismic Structure and Origin of Hotspots and Mantle Plumes // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2001. V. 192. P. 251–265.
19. *Torsvik T.H., Müller R.D., Van der Voo R., et al.* Global Plate Motion Frames: Toward a Unified Model // *Reviews of Geophysics.* 2008. V. 46. № 3. P. 1–44.
20. *Seton M., Müller R.D., Zahirovic S., et al.* Global Continental and Ocean Basin Reconstructions since 200 Ma // *Earth-Science Reviews.* 2012. V. 113. P. 212–270.

PALEOMAGNETIC EVIDENCE FOR THE ICELAND PLUME PALEOGEOGRAPHIC STATIONARITY AND EARLY CRETACEOUS MANIFESTATION IN THE HIGH ARCTIC

D. V. Metelkin^{a, b, #}, V. V. Abashev^{b, a}, Academician of the RAS V. A. Vernikovskiy^{b, a}, and N. E. Mikhaltsov^{b, a}

^a *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation*

^b *Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russian Federation*

[#] *E-mail: metelkindv@ipgg.sbras.ru*

Here we present reconstructions indicating the stationary position and paleogeography of the Iceland plume, as well as its direct connection to the Mesozoic-Cenozoic large igneous provinces of the northern Atlantic and the Arctic. The main evidence for the stationary position of the Iceland hot spot comes from paleomagnetic data for the trap formation of the Franz Josef Land archipelago. Our reconstructions show that the Barents Sea magmatic province included in these traps belongs to the trace of the Iceland plume and formed as part of the High Arctic Large Igneous Province during a single relatively brief event ca. 125 Ma. Older pulses of basalts magmatism inferred previously for the Franz Josef Land archipelago for the Early and Middle Jurassic do not have known analogs in adjacent territories of the present-day Arctic.

Keywords: Iceland hotspot, High Arctic Large Igneous Province, Franz Josef Land archipelago, Early Cretaceous paleogeography of the Arctic