

УДК.551.24:552.3

ИЗОТОПНЫЙ Sr–Nd–Pb–Hf-СОСТАВ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧУКОТКИ

М. В. Лучицкая^{1,*}, Б. В. Беляцкий², Е. А. Белоусова³, Л. М. Натапов³

Представлено академиком РАН Ю.М. Пушаровским 08.11.2016 г.

Поступило 03.10.2016 г.

Представлены результаты изучения изотопного состава позднепалеозойских Sr–Nd–Pb–Hf-гранитоидов Центральной Чукотки на примере Киберовского, Куэкувуньского массивов. Возраст гранитоидов этих массивов и гранитов из гальки конгломератов в основании перекрывающих нижнекаменноугольных отложений 351–363 млн лет (U–Pb-циркон, ТИМС, ВИМС, ЛА-ИСП-МС). Таким образом, гранитоидный магматизм соответствует по времени проявления тектоническим событиям элсмирской орогении в Арктическом регионе. Изотопный Sr–Nd–Pb–Hf-состав гранитоидов свидетельствует об участии мантийного и корового компонентов в формировании источника гранитных расплавов. Образование гранитоидов, вероятно, происходило в геодинамической обстановке континентальной окраины андийского типа при взаимодействии мантийных расплавов, образующихся при плавлении мантийного клина в надсубдукционных условиях, с континентальной корой.

Ключевые слова: Sr–Nd–Pb-изотопный состав, Lu–Hf-анализ, циркон, гранитоиды, Чукотка, Киберовский и Куэкувуньский массивы.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652485158-62>

Исследование петро-геохимического и изотопного Sr–Nd–Pb-состава гранитоидов и Lu–Hf-анализ содержащихся в них цирконов позволяют прояснить петрогенезис пород, установить геохимические характеристики источников гранитоидных магм, проследить главные события в их магматической эволюции и оценить степень мантийно-корового взаимодействия при их образовании. Данные об изотопном Sr–Nd–Pb-составе гранитоидов Чукотских мезозоид очень фрагментарны и касаются преимущественно мезозойских редкометалльных гранитоидов [1, 2]. Для позднепалеозойских гранитоидов возраст надёжно обоснован U–Pb-датировками цирконов (ВИМС, ТИМС) [3, 4]; впервые изучен изотопный Sr–Nd–Pb-состав и проведён Lu–Hf-анализ цирконов, результаты которых представлены в нашей работе.

В пределах Центральной Чукотки позднепалеозойские гранитоиды слагают Киберовский и Куэкувуньский массивы, приуроченные к центральным частям соответственно Куульского и Куэкувуньского поднятий Анюйско-Чукотской складчатой системы (рис. 1), в которых вскрыты образования палеозой-

ского чехла Чукотского микроконтинента. Гранитоиды Киберовского массива прорывают терригенные и карбонатно-терригенные породы девона, и их галька присутствует в конгломератах в основании нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных отложений. Киберовский массив сложен преимущественно биотитовыми гранитами, гранодиоритами, переходы между которыми постепенные; в меньшей степени присутствуют лейкограниты, аляскиты, субщелочные граниты. Гранитоиды Куэкувуньского массива прорывают осадочные и метаморфические комплексы девона–карбона и превращены в очковые гнейсы или гранито-гнейсы, которые по химическому составу соответствуют кварцевым монцодиоритам, сиенитам, гранодиоритам, гранитам, лейкогранитам.

На основании геохронологических исследований гранитоидов Киберовского, Куэкувуньского массивов, а также гранитоидов из гальки конгломератов в основании каменноугольных отложений был установлен их раннекаменноугольный возраст 352–359 млн лет (U–Pb-циркон, ТИМС, ВИМС [3, 5]), соответствующий проявлениям тектонических событий элсмирской орогении в Арктическом регионе.

Петрографический состав и петро-геохимические характеристики гранитоидов Киберовского, Куэкувуньского массивов и гранитов из гальки указывают на их принадлежность к гранитам I-типа, включая и их высокодифференцированные разности [3].

¹ Геологический институт

Российской Академии наук, Москва

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург

³ GEMOC ARC National Key Centre, Department of Earth and Planetary Sciences, Macquarie University, Sydney, Australia

*E-mail: luchitskaya@ginras.ru

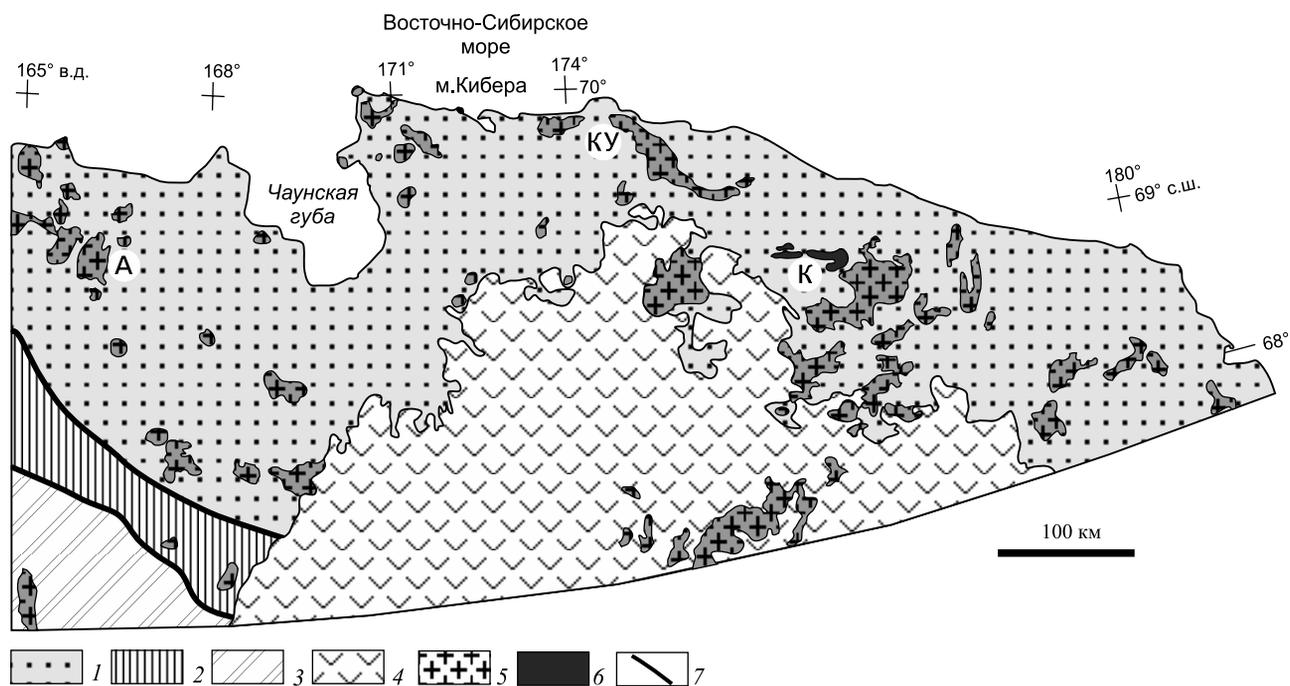


Рис. 1. Схема геологического строения Центральной Чукотки ([10] с изменениями). 1 — Анойско-Чукотская складчатая система; 2 — Южно-Анойская сутурная зона; 3 — Алазейско-Олойская складчатая система; 4 — Охотско-Чукотский вулканический пояс; 5, 6 — гранитоиды: 5 — меловые; 6 — позднепалеозойские; 7 — разрывные нарушения. Буквы — поднятия: А — Алярмаутское, КУ — Куульское, К — Куэквиное.

Изотопный состав Sr, Nd, Pb-гранитоидов был определён в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. С.-Петербург) на термоионизационном масс-спектрометре TRITON (ТИМС) по методике, описанной в [6]. Изучение изотопной Lu–Hf-системы цирконов было проведено в Центре GEMOC Университета Макуори (Сидней) *in situ* с помощью ультрафиолетового лазера New Wave UP 213 nm, совмещённого с мультиколлекторным масс-спектрометром с индуктивно-связанной плазмой Nu Plasma (ИСП-МС). Описание технических деталей, методических приёмов и констант, используемых для вычислений ϵHf и модельных возрастов (T_{DM}^{C}), приведено в [7].

Начальное $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в изученных гранитоидах 0,512037–0,512134, а $\epsilon\text{Nd}(T)$ от –0,95 до –2,83 (рис. 2а). Модельные одностадийные, двустадийные возрасты гранитоидов обоих массивов и гранитов из гальки достаточно близки и соответствуют интервалам 1034–1148, 1203–1300 млн лет мезопротерозоя. Исключение составляют аляскинты Киберовского массива, которые имеют более древний палеопротерозойский одностадийный возраст (2218 млн лет) и несколько более древний, чем в остальных гранитоидах, мезопротерозойский двухстадийный возраст (1361 млн лет).

Гранитоиды обоих массивов имеют сравнительно высокие величины начального $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ от 0,705889

до 0,707845 (рис. 2б). Минимальные значения характерны для монцонитов из включений в гранитах Киберовского массива, максимальные — для гранодиоритов того же массива. Граниты из гальки резко выделяются нереально низкими величинами начального $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,695045), что определяется завышенным Rb/Sr за счёт избытка Rb или общей диспропорции Rb, Sr вследствие позднего выветривания слюд и подвижности Rb–Sr-системы в гипергенных условиях.

Изотопный состав Pb в гранитоидах Киберовского массива варьирует в широких пределах: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,8615\text{--}20,1301$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,6015\text{--}15,7134$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,4355\text{--}39,3947$. Разброс этих отношений для гранитоидов Куэквиносского массива менее значительный: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 19,0710\text{--}19,4393$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,6105\text{--}15,6425$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 39,5055\text{--}40,1312$. А наименее радиогенный состав Pb имеют граниты из гальки: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,6909$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,6157$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,7637$.

В координатах $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (рис. 2в) фигуративные точки изотопного состава Pb гранитоидов Киберовского, Куэквиносского массивов и гранитов из гальки, пересчитанного на возраст образования (350 млн лет назад), расположены на линии модельной эволюции изотопного состава Pb в орогене, за исключением образца монцонита из включения в гранитах Киберовского массива,

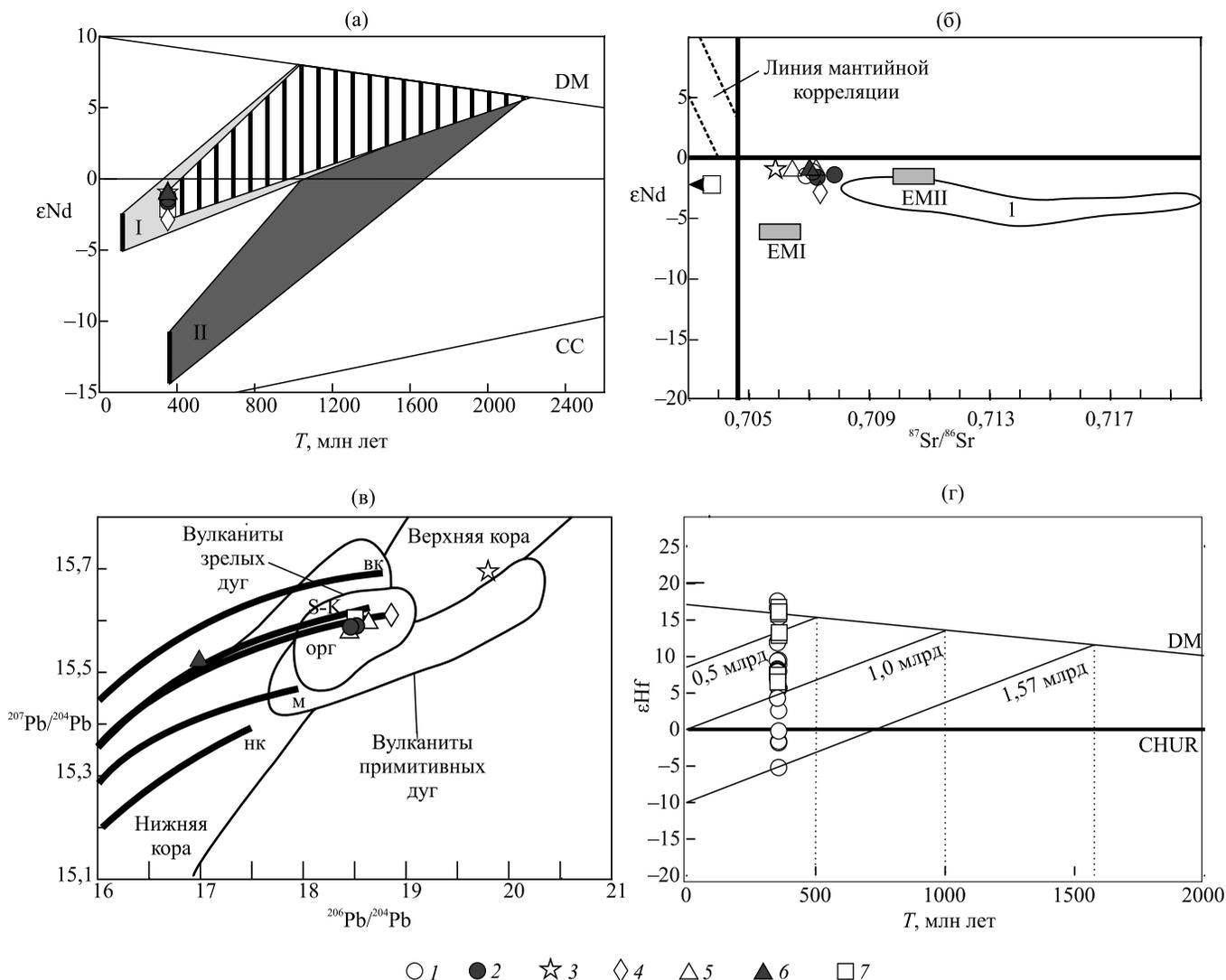


Рис. 2. Диаграммы $\epsilon\text{Nd}(T)$ —время (а), $\epsilon\text{Nd}(T)$ — $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (б), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (в), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (г), и ϵHf —время для гранитоидов Киберовского, Куэвкуньского массивов, гранитов из гальки конгломератов в основании нижнекаменноугольных отложений. DM — деплетированная мантия; CC — континентальная кора; EM I, EM II — модельные мантийные компоненты: EM I — обогащённая мантия с высоким Rb/Sr, EM II — обогащённая мантия с высоким Nd/Sm. Линии на (в) соответствуют эволюции изотопного состава Pb в различных модельных резервуарах: ВК — верхней континентальной коре, ОРГ — орогене, М — истощённой мантии, НК — нижней континентальной коре. Поля модельных источников: ниже- и верхнекоровых, зрелых и примитивных островных дуг. I — поле гранитоидов Алярмаутского поднятия, II — поле позднепалеозойских гранитоидов террейна Юкон-Танана. 1–4 — гранитоиды Киберовского массива: 1 — гранит, 2 — гранодиорит, 3 — монзонит из включения, 4 — аляскит; 5, 6 — гранитоиды Куэвкуньского массива: 5 — гранодиорит, 6 — кварцевый монцодиорит; 7 — гранит из гальки.

точка состава которого находится между линиями эволюции изотопного состава Pb орогена и верхней коры. Такое расположение точек изотопного состава проанализированных образцов гранитоидов может свидетельствовать о смешении мантийного и корового материала при образовании источника гранитных магм. При сравнении в тех же координатах положения полей ниже- и верхнекоровых модельных источников, а также зрелых и примитивных островных дуг видно, что точки изотопных составов Pb гранитоидов обоих массивов и гранитов из гальки

сосредоточены преимущественно в поле пород зрелых островных дуг (рис. 2в).

Анализ изотопной Lu—Hf-системы цирконов из гранитов Киберовского массива выявил широкий разброс величин $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ и $\epsilon\text{Hf} = 0,282721$ – $0,283418$ от +16,7 до –5,2 для гранитов Киберовского массива. Интервалы этих величин для циркона из гранитов гальки несколько меньше: $0,282415$ – $0,283683$, а ϵHf имеет только положительные значения: от +16,7 до +6,5. Одностадийные модельные Hf-возрасты для гранитов Киберовского массива

и гальки обнаруживают практически одинаковый разброс, а сам модельный возраст совпадает с возрастом гранитов: 300–740 и до 720 млн лет соответственно. Однако максимальные двухстадийные модельные возрасты (T_{DM}^C) различаются: 1,57 и 0,88 млрд лет соответственно. Большая часть фигуративных точек проанализированных цирконов на диаграмме ϵHf —возраст расположена между линиями эволюции мантии хондритового состава — CHUR ($\epsilon Hf = 0$) и обеднённой — DM (рис. 2г), что указывает на присутствие материала мантийного происхождения при формировании источника гранитных расплавов. Отрицательные величины ϵHf , характерные только для цирконов из гранитов Киберовского массива, указывают на участие древнего (не древнее мезопротерозойского) корового материала в субстрате, при плавлении которого сформировались гранитные магмы.

Таким образом, представленные данные об изотопном Sr–Nd–Pb–Hf-составе гранитоидов Киберовского, Куэвуньского массивов и гранитов из гальки свидетельствуют об участии мантийного и корового компонентов в формировании источника гранитных расплавов, на что указывают небольшие отрицательные величины $\epsilon Nd(T)$, промежуточные между гранитами I- и S-типа величины начального $^{87}Sr/^{86}Sr$, широкие вариации значений отношений изотопов Pb и ϵHf в цирконах гранитоидов. Одно- и двухстадийные Nd- и Hf-модельные возрасты гранитоидов предполагают мезопротерозойский—палеопротерозойский возраст корового протолита. Мезопротерозойские унаследованные цирконы присутствуют в неопротерозойских гранитоидах метаморфического фундамента, который обнажается на о. Врангеля [8].

Совокупность петрографических, петро-геохимических и изотопных данных позволяет предполагать, что формирование гранитоидов происходило в геодинамической обстановке континентальной окраины андийского типа при взаимодействии мантийного вещества, образующегося при плавлении мантийного клина в надсубдукционных условиях, с континентальной корой. Полученные результаты и представленная интерпретация хорошо согласуются с реконструкцией окраинно-континентальной магматической дуги позднедевонского—раннекаменноугольного возраста на южной окраине докембрийского блока Беннет-Барровия или Арктида (фундамента микроконтинента Чукотка—Арктическая Аляска), коллизия которого с окраиной Северо-

Американского кратона в позднем силуре—раннем девоне привела к элсмирскому орогенезу в Северной Аляске и Канадских Арктических о-вах [9].

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17–05–00795).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефремов С.В.* Редкометальные гранитоиды Чукотки. Геохимия, источники вещества, модели образования: Автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук. Иркутск, 2012. 40 с.
2. *Алексеев В.И.* Литий-фтористые граниты Дальнего Востока. СПб., 2014. 244 с.
3. *Луцицкая М.В., Соколов С.Д., Котов А.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А., Катков С.М.* Позднепалеозойские гранитоиды Чукотки: особенности состава, обоснование возраста и положение в структуре арктического региона России // Геотектоника. 2015. № 4. С. 3–29.
4. *Lane L.S., Cecile M.P., Gehrels G.E., Kos'ko M.K., Layer P.W., Parrish R.R.* Devonian-Carboniferous Paleogeography and Orogenesis, Northern Yukon and Adjacent Arctic Alaska // *Canad. J. Earth Sci.* 2015. V. 52. P. 147–160.
5. *Катков С.М., Луцицкая М.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З.* О возрасте гранитных интрузий Анюйско-Чукотской складчатой системы // ДАН. 2013. Т. 450. № 2. С. 193–198.
6. *Суцевская Н.М., Мигдисова Н.А., Антонов А.В., Крымский Р.Ш., Беляцкий Б.В., Кузьмин Д.В., Бычкова Я.В.* Геохимические особенности лампроитовых лав четвертичного вулкана Гауссберг (Восточная Антрактида) — результат влияния мантийного плюма Кергелен // Геохимия. 2014. № 12. С. 1079–1098.
7. *Кузнецов Н.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А., О'Рейли С.* Первые результаты изотопного анализа детритных цирконов поднятия Енганэ-Пэ (Полярный Урал): попытка определения палеотектонической позиции протоуралид-тиманид // ДАН. 2009. Т. 426. № 4. С. 504–510.
8. *Луцицкая М.В., Сергеев С.А., Соколов С.Д., Тучкова М.И.* Неопротерозойские гранитоиды острова Врангеля // ДАН. 2016. Т. 469. № 2. С. 195–198.
9. *Natal'in V., Amato J.M., Toro J., Wright J.E.* Paleozoic Rocks of Northern Chukotka Peninsula, Russian Far East: Implications for the Tectonic of Arctic Region // *Tectonics.* 1999. V. 18. № 4. P. 977–1003.
10. *Тиболов И.В., Черепанова И.Ю.* Геология севера Чукотки — современное состояние и проблемы. М.: Геос, 2001. 94 с.

Sr–Nd–Pb–Hf ISOTOPIC COMPOSITION OF LATE PALEOZOIC GRANITOIDS OF CENTRAL CHUKOTKA

M. V. Luchitskaya, B. V. Belyatsky, E. A. Belousova, L. M. Natapov

Presented by Academician of the RAS D.Yu. Pushcharovsky November 8, 2016

Received October 3, 2016

Results of the study of Sr–Nd–Pb–Hf isotopic composition of Late Paleozoic granitoids of Central Chukotka are represented on the example of Kibera and Kuekvun plutons. The age of granitoids of these plutons and granites from pebbles in conglomerates in the base of overlying Lower Carboniferous deposits is 351–363 Ma (U–Pb zircon, TIMS, SIMS, LA–ICP–MS). Thus, granitoid magmatism corresponds in time to tectonic events of Elsmirian orogeny in Arctic region. Sr–Nd–Pb–Hf isotopic composition of granitoids indicate participation of mantle and crustal components in the source of granite melts. Granitoids formation probably occurred in geodynamic setting of Andean type continental margin during the interaction between mantle melts, forming at the mantle wedge melting in suprasubduction conditions, and continental crust.

Keywords: Sr–Nd–Pb isotopic composition, Lu–Hf analysis, zircon, granitoids, Chukotka, Kibera and Kuekvun plutons.