

И. Н. КАПИТОНОВ (ВСЕГЕИ, Институт наук о Земле СПбГУ),
О. В. ПЕТРОВ, С. С. ШЕВЧЕНКО, Н. А. ГОЛЬЦИН, Б. В. БЕЛЯЦКИЙ (ВСЕГЕИ),
Э. М. ПРАСОЛОВ, К. И. ЛОХОВ (ВСЕГЕИ, Институт наук о Земле СПбГУ),
Н. В. РОДИОНОВ, С. Л. ПРЕСНЯКОВ, Е. Н. ЛЕПЕХИНА, Н. Г. БЕРЕЖНАЯ,
Ю. С. БАЛАШОВА, А. В. АНТОНОВ (ВСЕГЕИ),
С. А. СЕРГЕЕВ (ВСЕГЕИ, Институт наук о Земле СПбГУ)

ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИРКОНОВ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ИЛОВ ИЗ РАЙОНА АРКТИЧЕСКИХ ХРЕБТОВ ЛОМОНОСОВА И АЛЬФА-МЕНДЕЛЕЕВА

Приведены первые данные по U-Pb и Lu-Hf изотопным системам в цирконах из серий образцов пелагических илов из районов Северного полюса, хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева Северного Ледовитого океана.

При датировании более 1100 зерен выявлено присутствие значительного количества сходных групп цирконов различного возраста. Это свидетельствует о наличии общих (с единым набором возрастных групп) источников детритовых цирконов пелагических илов для всего района исследований. Установлены значительные вариации в пропорции разных возрастных групп на коротких интервалах разреза илов, что говорит об изменчивости интенсивности вклада основных составляющих этого источника цирконов во времени. Сопоставление с литературными данными указывает на сходный характер распределения возрастных групп детритовых цирконов и параметров их Lu-Hf изотопной системы с детритовыми цирконами Азиатского континента. Совокупность результатов показывает, что признаков значимого вклада других приарктических регионов (Североамериканского и Европейского) в формирование изученных проб цирконов пелагических илов не имеется.

Ключевые слова: Арктика, циркон, U-Pb датирование, изотопы гафния, хребты Ломоносова, Альфа-Менделеева.

The article presents the first U-Pb and Lu-Hf zircon isotope data from a series of pelagic sediments core samples from the Lomonosov and Alpha-Mendeleev ridges area of Arctic Ocean.

According to the dating over 1100 grains it was revealed the presence of a significant number of different age zircon groups. The results indicate the presence of common (with a uniform set of age groups) sources of detrital zircons from pelagic deposits for the entire studied area. Considerable variation in the proportion of different age groups within short time-intervals indicates the variability of the intensity of the main components of the contribution of this zircon source. Comparison with published data shows a similar character of the main detrital zircon age group distribution and its Lu-Hf isotope system signatures with those typical for detrital zircons from the Asian continent. Obtained data set suggests that the significant contribution of other Arctic regions rock basement (North American and European) in the formation of zircon characteristics of the studied samples of pelagic mud seems to be negligible.

Keywords: Arctic, zircon, U-Pb dating, hafnium isotope, Lomonosov, Alpha-Mendeleev Ridges.

Введение. Геологической особенностью полярных областей Арктического океана является наличие мощного (до нескольких километров) осадочного чехла [1, 6], который затрудняет исследование геологических комплексов, слагающих его коренное ложе. В настоящее время считается, что основной источник, формирующий этот осадочный чехол, — компонент, связанный со сносом терригенного материала [5]. Тем не менее, есть свидетельства [2] выхода коренных пород на поверхность перекрывающих их осадков на склонах океанических возвышенностей, пусть и в небольших тектонических «окнах». Эрозия этих пород и аккумуляция ее продуктов вносят свой вклад в формирующиеся осадки и могут быть источником информации о геологическом строении кристаллического фундамента Арктического океана [8].

Изотопно-геохимические и геохронологические исследования пелагических илов, отобранных на склонах хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева Северного Ледовитого океана (СЛО), выполнены в 2012–2014 гг. в рамках работы по объекту «Изотопно-геохимическая и геохронологическая характеристика геологических комплексов внутрибассейновых арктических поднятий, Восточно-Сибирского шельфа и материковой окраины Северной Евразии с целью обоснования ВГКШ».

Метод комплексного исследования детритовых цирконов в осадочных породах получил в последние годы широкое распространение. В значительной степени это связано с развитием методик и техники локальных исследований, таких как SIMS (масс-спектрометрия с ионизацией пучком первичных ионов) и LA-ICPMS

(масс-спектрометрия с ионизацией в индуктивно-связанной плазме и лазерным проботбором). Сочетание этих методов позволяет решать обширный круг задач — от реконструкции палеоклимата, оценки возраста осадочных бассейнов, процессов роста земной коры до дистанционного поиска полезных ископаемых в труднодоступных районах [11–14].

Образцы и пробоподготовка. В число исследованных образцов вошли глубоководные пелагические илы из грунтовых колонок проботбора, поднятых в шести районах станций опробования на западном и восточном склонах хребтов Альфа-Менделеева, пелагических илов восточного склона хребта Ломоносова (отрог Геофизиков) и района Северного полюса. Морские комплексные геолого-геофизические исследования данного района СЛО выполнены в ходе научных экспедиций «Арктика-2007» и «Арктика-2012». В ходе экспедиции «Арктика-2012» особое внимание было уделено сбору большого количества донно-каменного материала для лабораторных исследований. Районы и различные методы проботбора, использованное оборудование и сами пробы ранее подробно описаны в [7]. Места отбора проб показаны на рис. 1.

Монофракции цирконов для дальнейшего изотопного анализа выделены в центре изотопных исследований (ЦИИ) ВСЕГЕИ. Кристаллы циркона (от 30 до 150 зерен для разных проб) прошли общепринятую процедуру пробоподготовки, включающую монтаж зерен в эпоксидные шайбы, полировку, фотодокументацию, напыление токопроводяще-

го слоя на шайбу. Одновременно в препараты для контроля правильности измерений закладывались международные стандарты циркона Temora, Mud Tank, GJ1-59 и 91500, аттестованные на концентрации, и изотопные соотношения U, Pb, Hf и Lu.

Проводились микрозондовые и катодолюминесцентные исследования внутреннего строения цирконов и определялись генетически значимые домены. Изученные образцы пелагических илов представляют собой различные латеральные слои в разрезе, сформировавшемся за время, сопоставимое с 1 млн лет (соответствует скорости осадконакопления ~ 1 см/1000 лет [4]), и отражающем изменения палеообстановки в акватории СЛО в это время [6]. Мы рассматриваем данную величину скорости осадкообразования в исследуемом районе исключительно как приблизительную, учитывая, что существуют и значительно отличающиеся цифры, полученные различными методами [3]. В то же время для наших построений и выводов эта неопределенность несущественна.

Аналитические методы. Изотопные исследования цирконов из глубоководных осадков Арктического региона выполнены в ЦИИ ВСЕГЕИ. Датирование цирконов уран-свинцовым методом проведено с помощью вторично-ионного масс-спектрометра высокого разрешения SHRIMP II. Для уточнения генезиса и дальнейшей идентификации источников сноса цирконов посредством многоколлекторного масс-спектрометра с ионизацией в индуктивно-связанной плазме Neptune и системы лазерной абляции DUV-193, оснащенной эксимерным ла-

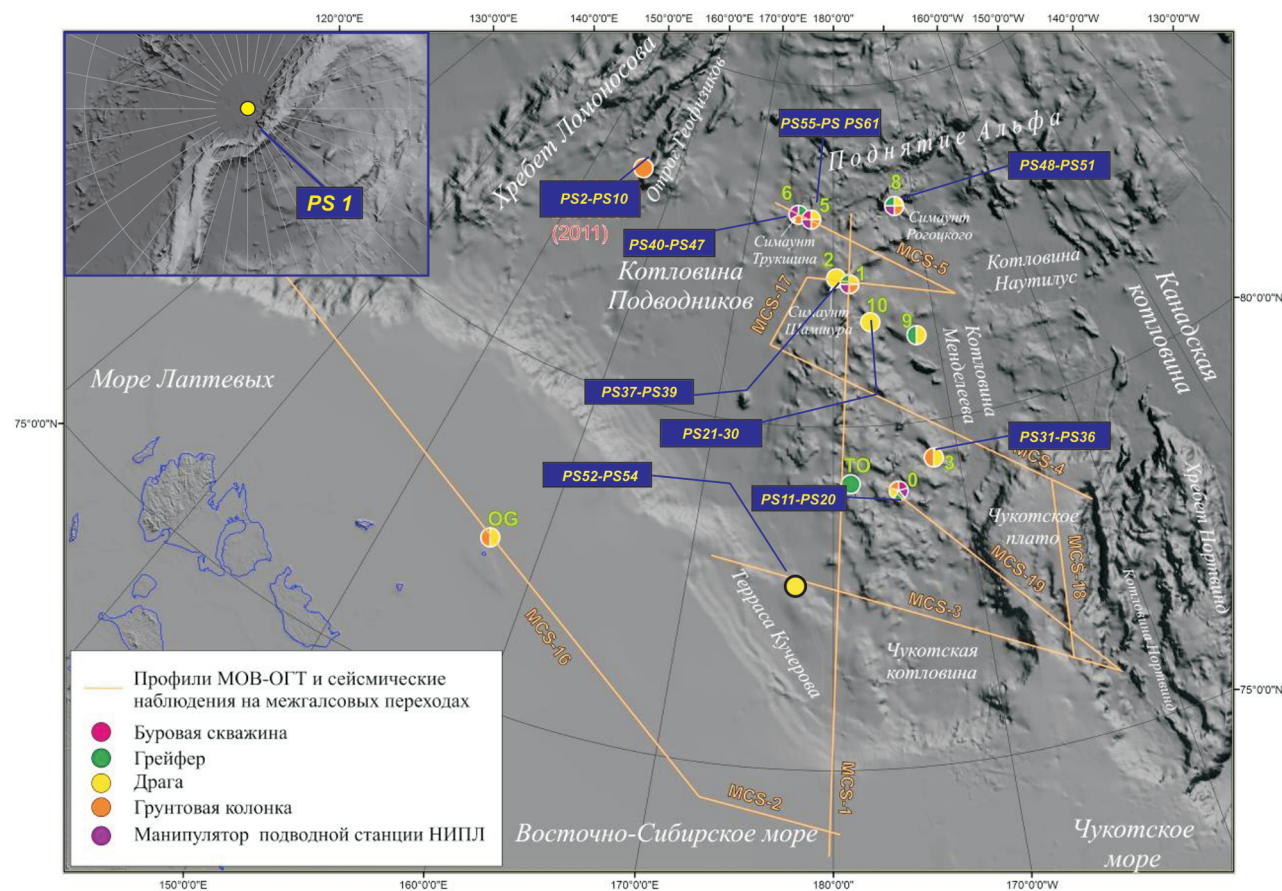


Рис. 1. Местоположение станций опробования приповерхностного разреза глубоководного ила СЛО на хребтах Альфа-Менделеева, отроге Геофизиков хребта Ломоносова, в приполюсном районе котловины Амундсена [7]

зером COMPEX-102, исследована их лютеций-гафниева изотопная систематика.

При определении возраста использовались зерна международного стандарта циркона Темога (416,8 млн лет), для определения концентраций элементов U, Th, Pb использован международный стандарт циркона 91500.

Исследование Lu-Hf изотопной системы в цирконах выполнено по методике, описанной в [16, 17]. Некоторые особенности реализации метода в ЦИИ приведены в работе [10]. Корректность измерений контролировалась посредством многократного анализа в каждой аналитической сессии международных стандартов циркона GJ-1, Mud Tank, Темога. Для определения соотношений концентраций элементов Lu, Yb, Hf использован международный стандарт циркона 91500. Значения концентраций для Lu 12 и Hf 5895 ppm приведены в сертификате этого стандарта его распространителем CNRS (Франция). Концентрация Yb (средние значения 55–80 ppm) определена по результатам международных межлабораторных сверок [18, 23].

Результаты. Определены характеристики U-Pb и Lu-Hf изотопных систем в детритовых цирконах 8 образцов из опорных слоев разрезов пелагических илов с западного и восточного склонов хребтов Альфа-Менделеева (выбраны наиболее глубокие слои), одной суммарной пробы пелагических илов (разрез на глубину до 50–70 см, отбор с помощью бокс-корера) из района Северного полюса и 9 различных горизонтов (по 2–3 см) из гидростатической колонки станции опробования с отрога Геофизиков хребта Ломоносова.

Высокая представительность экспериментальных данных (более 1100 определений U-Pb возраста и более 700 изотопного состава Hf) позволил получить интегральную картину для всего района пробоотбора. Результат датирования наиболее наглядно может быть представлен в виде диаграмм частоты встречаемости возрастных групп (т. наз. probability density plot – графики функции плотности вероятности) либо в виде традиционных гистограмм распределения анализов.

Для графического отображения эволюции изотопного состава гафния обычно используются диаграммы в координатах возраст – изотопный состав гафния либо возраст – эпсилон гафния, где эпсилон гафния – сдвиг наблюдаемого изотопного состава гафния относительно линии эволюции во времени резервуара хондритового состава (CHUR). Для большей наглядности и удобства сравнения с литературными данными мы использовали оба варианта представления данных.

U-Pb датирование. На рис. 2–4 приведены обобщенные данные U-Pb датирования цирконов для всего региона. В первую очередь следует отметить повторяемость значений возрастов групп цирконов, что указывает на наличие общего (с единым набором возрастов) источника детритовых цирконов пелагических илов для всего района.

При рассмотрении данных датирования по разным пробам становятся очевидными значительные вариации частоты встречаемости различных возрастных групп как для разных слоев одной колонки (рис. 2, колонка у подножия отрога Геофизиков), так и для географически разных мест пробоотбора (рис. 3, различные точки отбора из района хребтов

Альфа-Менделеева). Это свидетельствует о значительных вариациях вклада отдельных составляющих источника сноса на более коротких промежутках времени (рис. 2, 3) в сравнении с общим временем накопления исследованных разрезов. При этом отметим, что для пятисантиметрового слоя осадочной колонки время накопления в среднем не превысит ~ 5 тыс. лет. В свою очередь интервал между соседними опробованными слоями колонки из района хребта Ломоносова будет соответствовать ~ 100 тыс. лет.

Тем не менее при усреднении за достаточно большой временной промежуток общность картины становится еще более отчетливой. На рис. 4 сопоставлены совокупные данные по возрастным группам для всех районов исследованного Арктического региона.

Общая картина по всему региону приведена на рис. 5. Отдельно показаны цирконы возрастных групп до 1000 млн лет. В соответствии с общепринятой практикой для цирконов с возрастом до 1000 млн лет использованы значения возраста по ^{238}U - ^{206}Pb , для цирконов с возрастом более 1000 млн лет – по ^{207}Pb - ^{206}Pb .

Главные группы возрастов для всех проб: фанерозойская с максимумами 150, 300, 470 млн лет, около 50% всех определений; палеопротерозойская с максимумом 1,85 млрд лет, доля около 21%; неомезоархейская с максимумом 2,7 млрд лет, доля около 11%. Минимальный возраст циркона, полученный в исследованных пробах, 77 млн лет, максимальный ~ 3240 млн лет.

Характеристики лютеций-гафниева изотопной системы в цирконах глубоководных осадков. Изотопный состав гафния в цирконах в сочетании с данными U-Pb датирования может дать существенную информацию об исходной для этих цирконов горной породе. Эволюция изотопного состава гафния в любой породе происходит в зависимости от начального Lu/Hf соотношения (^{176}Hf является дочерним изотопом для ^{176}Lu). Модельные построения эволюции изотопной системы гафния, основанные на обширном фактическом материале, предполагают, что в процессе дифференциации исходного вещества Земли образуются различные модельные резервуары, значительно отличающиеся по соотношению Lu/Hf. Деплетированная мантия характеризуется повышенным соотношением Lu/Hf, что ведет к более высоким отношениям $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$. Коровый резервуар имеет пониженное отношение Lu/Hf. Это ведет к более медленному накоплению радиогенного ^{176}Hf и более низким отношениям $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ в сравнении с деплетированной мантией в тот же момент времени.

На рис. 6 представлены данные по изотопному составу Hf в координатах возраст – начальные отношения $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$. Для получения начальных значений $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ (на момент формирования зерен циркона) выполнена коррекция на распад ^{176}Lu , захваченного в зерна цирконов при их образовании.

Исследование изотопной системы Lu-Hf выполнено в тех же пробах зерен цирконов, для которых получены и значения U-Pb возраста.

Параметры эволюции Lu/Hf изотопной системы, использованные при графических построениях и расчетах величины эпсилон Hf и начального (скорректированного на распад ^{176}Lu в ^{176}Hf непосредственно в зерне циркона) отношения $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$, приняты в соответствии с [15, 22].

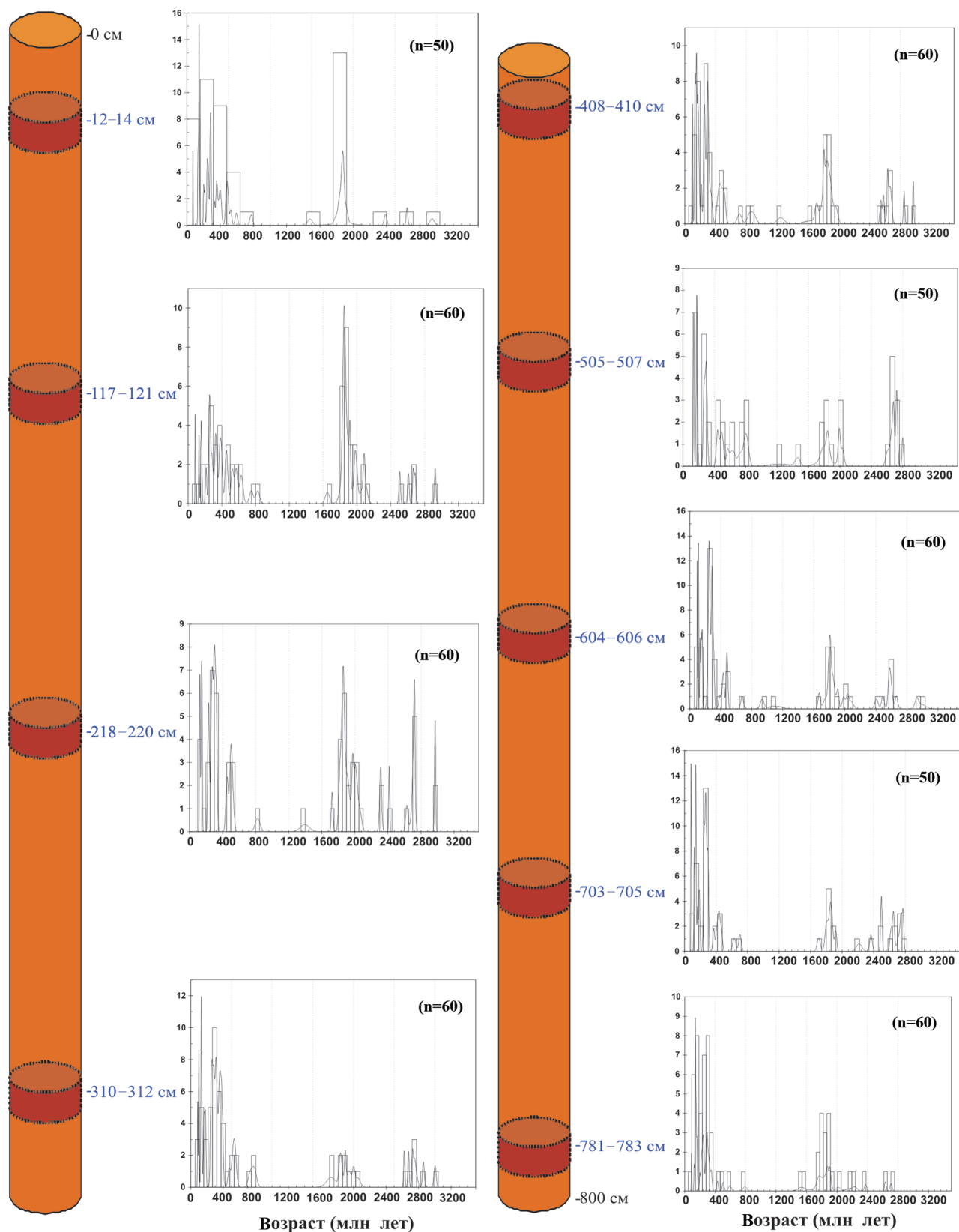
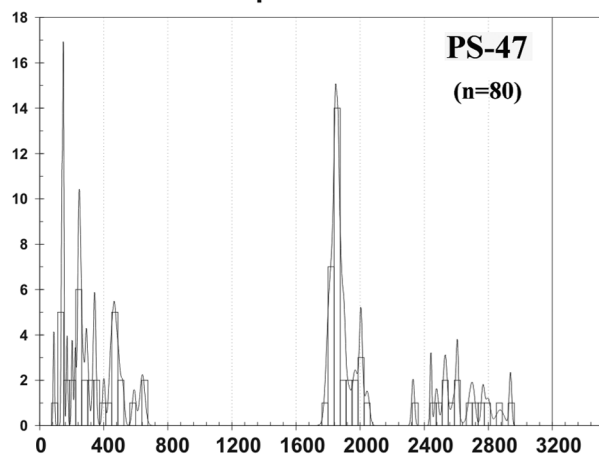


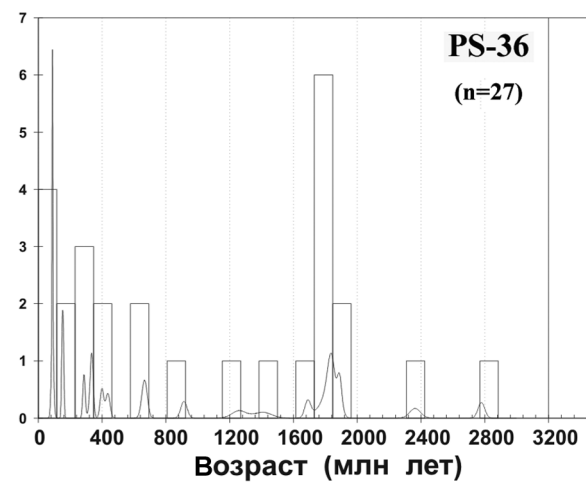
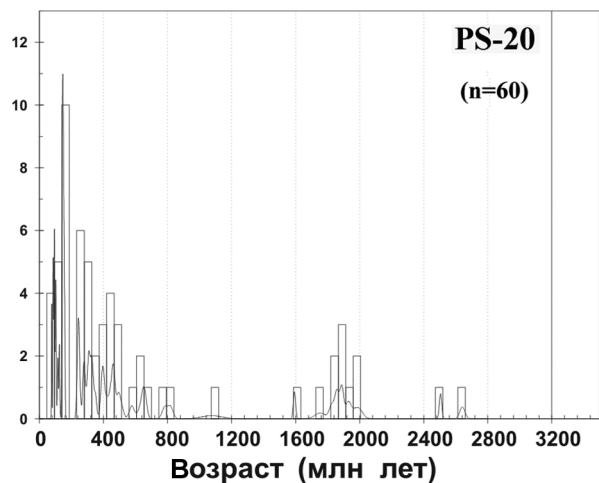
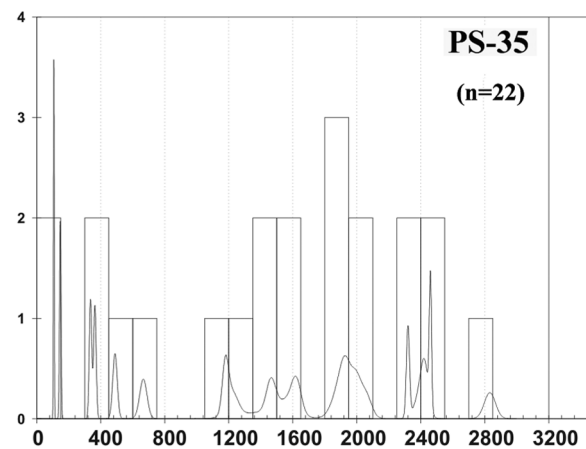
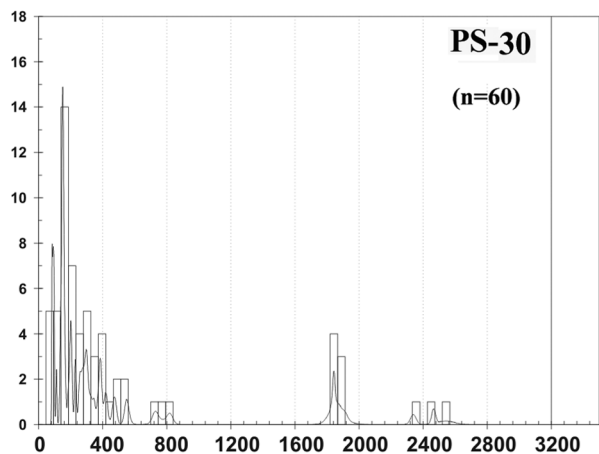
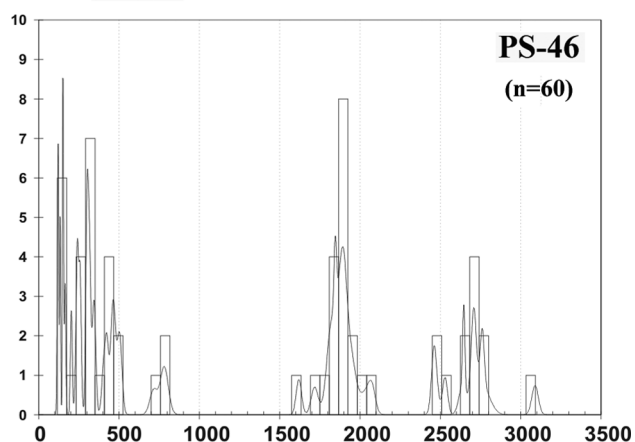
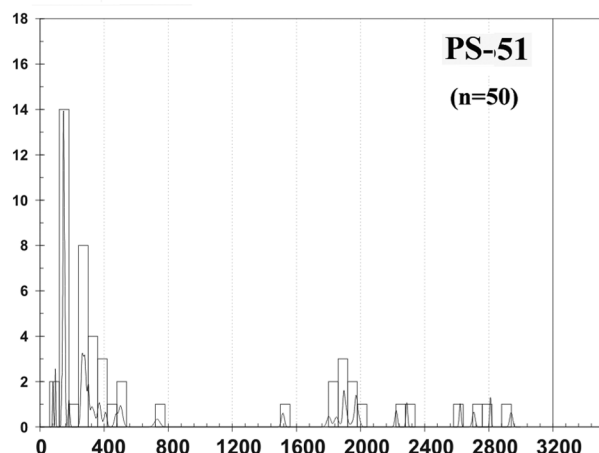
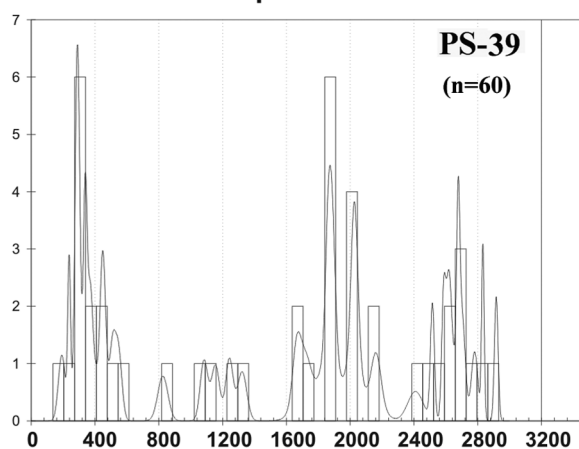
Рис. 2. Гистограммы распределения возрастных групп цирконов пелагических осадков хребта Ломоносова (отрог Геофизиков). Интервалы опробования (2–3 см) указаны для каждой пробы единой 9-метровой колонки. По вертикали – число измерений. Кривые на графике представляют собой функции плотности вероятности проявления возрастных пиков в наборе данных: 12–14 (PS2), 117–121 (PS3), 218–220 (PS4), 310–312 (PS5), 408–410 (PS6), 505–507 (PS7), 604–606 (PS8), 703–705 (PS9), 781–783 (PS10)

Рис. 3. Распределение возрастных групп циркона из пелагических осадков шести полигонов опробования экспедиции «Арктика-2012» на хребтах Альфа-Менделеева. Для двух полигонов (0 и 6) представлены данные по двум разным слоям осадков (слой ~2 см) из одной колонки: 723–726 см (PS-47), 300–302 (PS-51), 890–893 (PS-30), 895–900 (PS-20), 155–157,5 (PS-39), 616–619 (PS-46), 407–410 (PS-35), 514–517 (PS-36)

Количество измерений



Количество измерений



Результаты изучения Lu-Hf изотопной системы в цирконах из района Северного полюса и хребтов Альфа-Менделеева и Ломоносова показали, что в совокупности с возрастными датировками ее использование дает дополнительную возможность идентификации источника сноса. Из диаграммы на рис. 6, 12 следует, что для каждой из основных возрастных групп цирконов параметр ϵ лежит в широком диапазоне, отражающем разные по составу типы пород, в которых кристаллизовались эти цирконы, несмотря на их одинаковый возраст.

Необходимо также отметить, что при рассмотрении всей совокупности результатов для исследованных цирконов дополнительная отбраковка данных с высокой погрешностью измерения и высокими Lu/Hf отношениями не оказывает принципиального влияния на общий характер полученного распределения (рис. 12).

Сопоставление с литературными данными. Выявленные ранее закономерности по U-Pb и Lu-Hf систематике детритовых цирконов из различных регионов позволяют сопоставить вновь полученные данные с накопленными. Сравнение наших данных с базой данных GEMOC TerraneChron® dataset по детритовым цирконам различных континентов представлено на рис. 7–11. Данные базы GEMOC доступны, например, в supplementary data к работе [13].

Сопоставление показывает, что Азиатский континент имеет уникальную метку, связанную с разрывом в распределении детритовых цирконов в области возрастов 1,0–1,65 млрд лет, тогда как на других континентах этому времени соответствует гренвильское событие, широко проявленное на материках северного полушария Лавразии. Совокупность наших результатов (рис. 8) наиболее близка к аналогичным данным для детритового циркона азиатской части Евразийского континента. Общность картины определяется как наличием совпадающих основных возрастных групп, так и почти полным отсутствием цирконов с возрастными 1,0–1,65 млрд лет.

На рис. 9 и 10 показано распределение детритовых цирконов отдельных рек Евразии. Для построения использованы данные из supplementary data к работам [9, 19, 21].

На рис. 11 и 12 совокупность данных параметров Lu-Hf изотопной системы детритовых цирконов из базы GEMOC по континентам сопоставлена с полученными в настоящей работе результатами по цирконам из арктических илов. Основные особенности распределений, полученных по результатам U-Pb датирования цирконов, и сопоставление параметров Lu-Hf системы подтверждают выводы о генетической схожести арктических цирконов из илов и детритового циркона азиатской части Евразийского континента.

Выводы. При исследовании U-Pb и Lu-Hf изотопных систем в цирконах из колонок пелагических илов района хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева выявлено сходство набора разновозрастных групп цирконов во всех изученных пробах.

По всему району исследований можно выделить следующие возрастные группы циркона: 77–540 млн лет (~51% от общего количества исследованных цирконов), 1800–2000 млн лет (~21%)

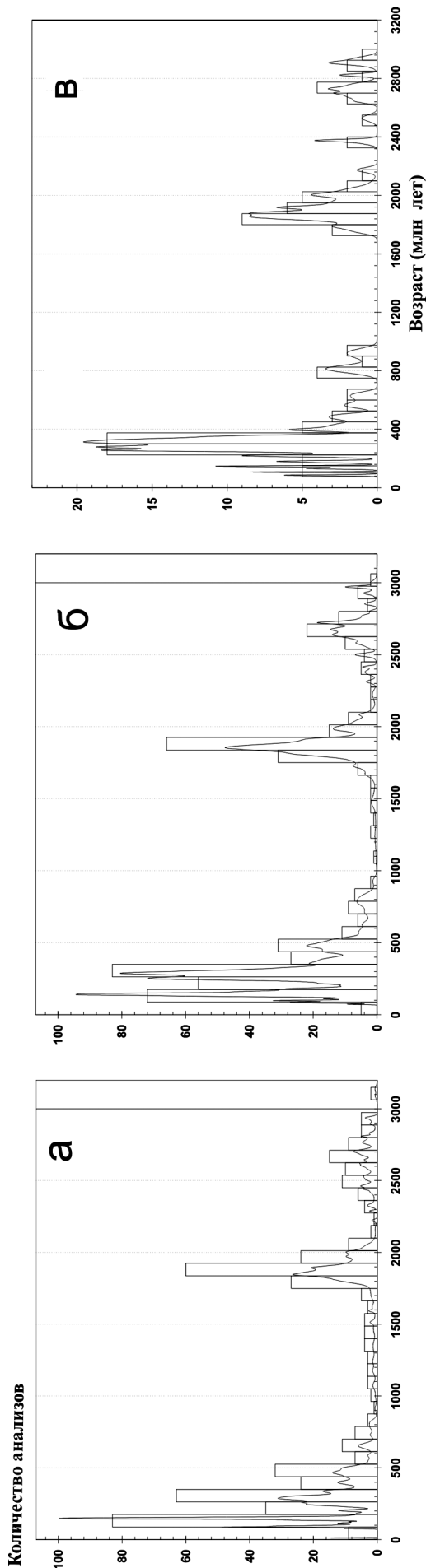


Рис. 4. Распределение возрастных групп циркона из пелагических осадков С.ЛО

а — хребты Альфа-Менделеева, суммарные данные по 6 станциям отбора, всего 8 слоев; б — отрог Геофизиков хребта Ломоносова, суммарные данные по 9 слоям одной колонки, в — район Северного полюса (одна проба PSI)

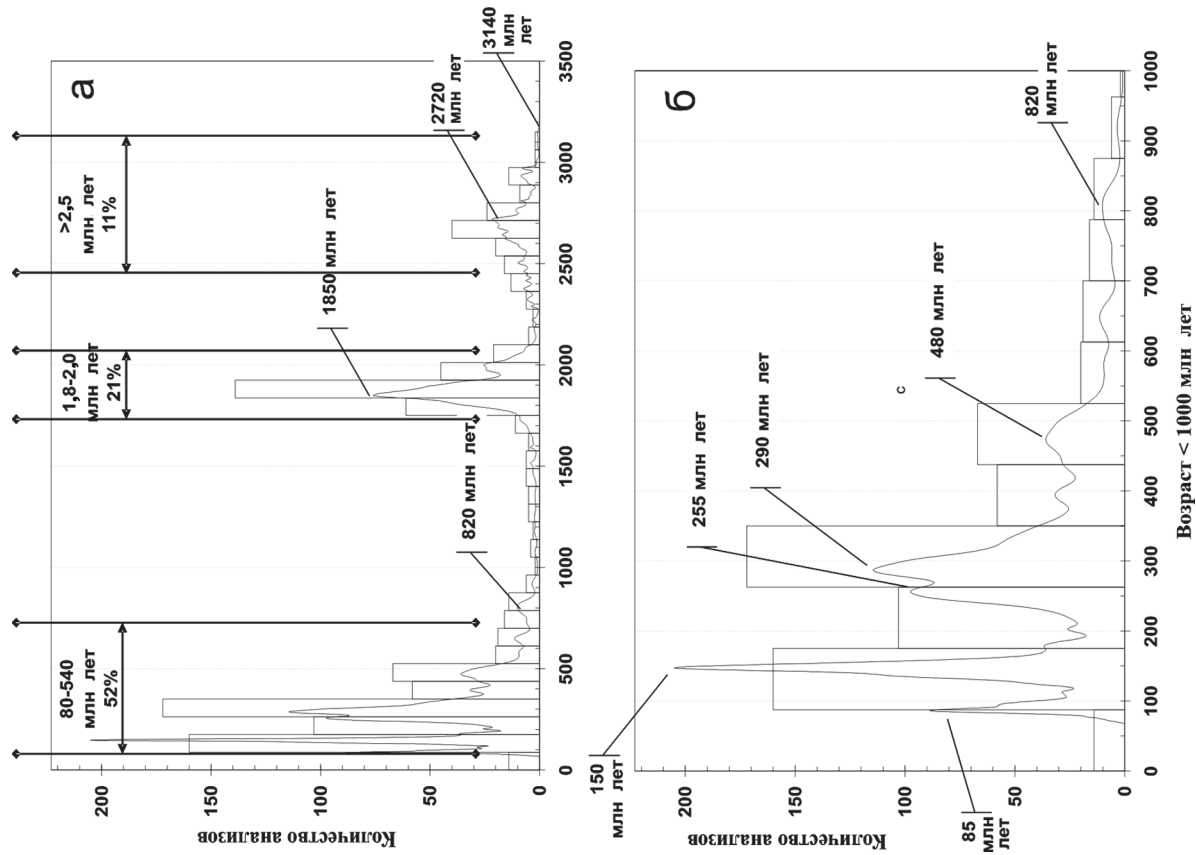


Рис. 5. Диаграммы распределения возрастов всей совокупности датированных цирконов из пелагических илов
а – весь диапазон, *б* – выделенный интервал от 0 до 1000 млн лет)

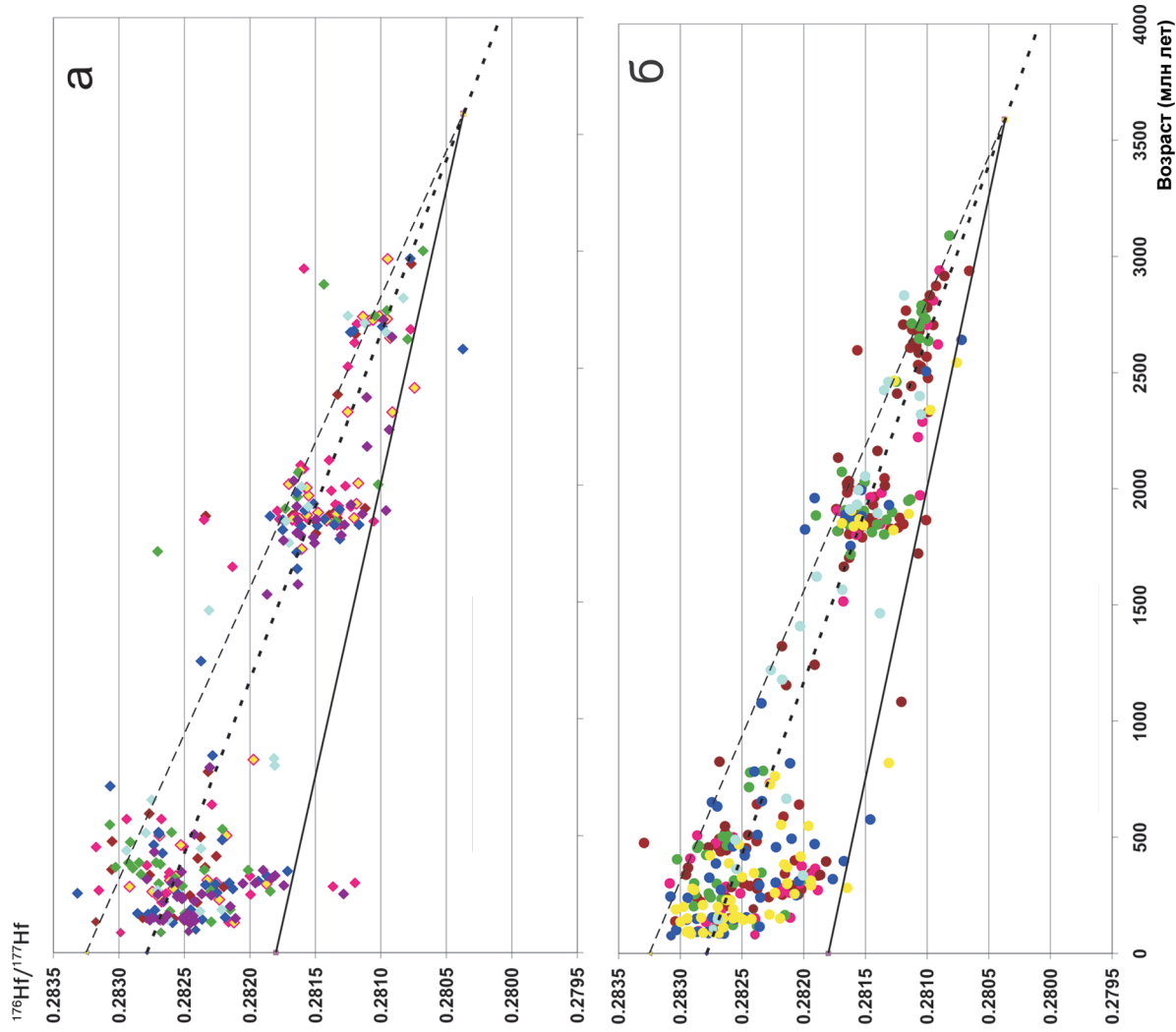


Рис. 6. Изотопный состав Hf циркона из глубоководных осадков хребтов Ломоносова (*а*) и Альфа-Менделеева (*б*)
 Средняя пунктирная линия – эволюция резервуара хондритового состава (CHUR); верхняя – эволюция деплетированной мантии DM ($\text{Lu}/\text{Hf DM} > \text{Lu}/\text{Hf CHUR}$); нижняя сплошная линия – эволюция резервуара с отношением $\text{Lu}/\text{Hf} < \text{Lu}/\text{Hf CHUR}$.

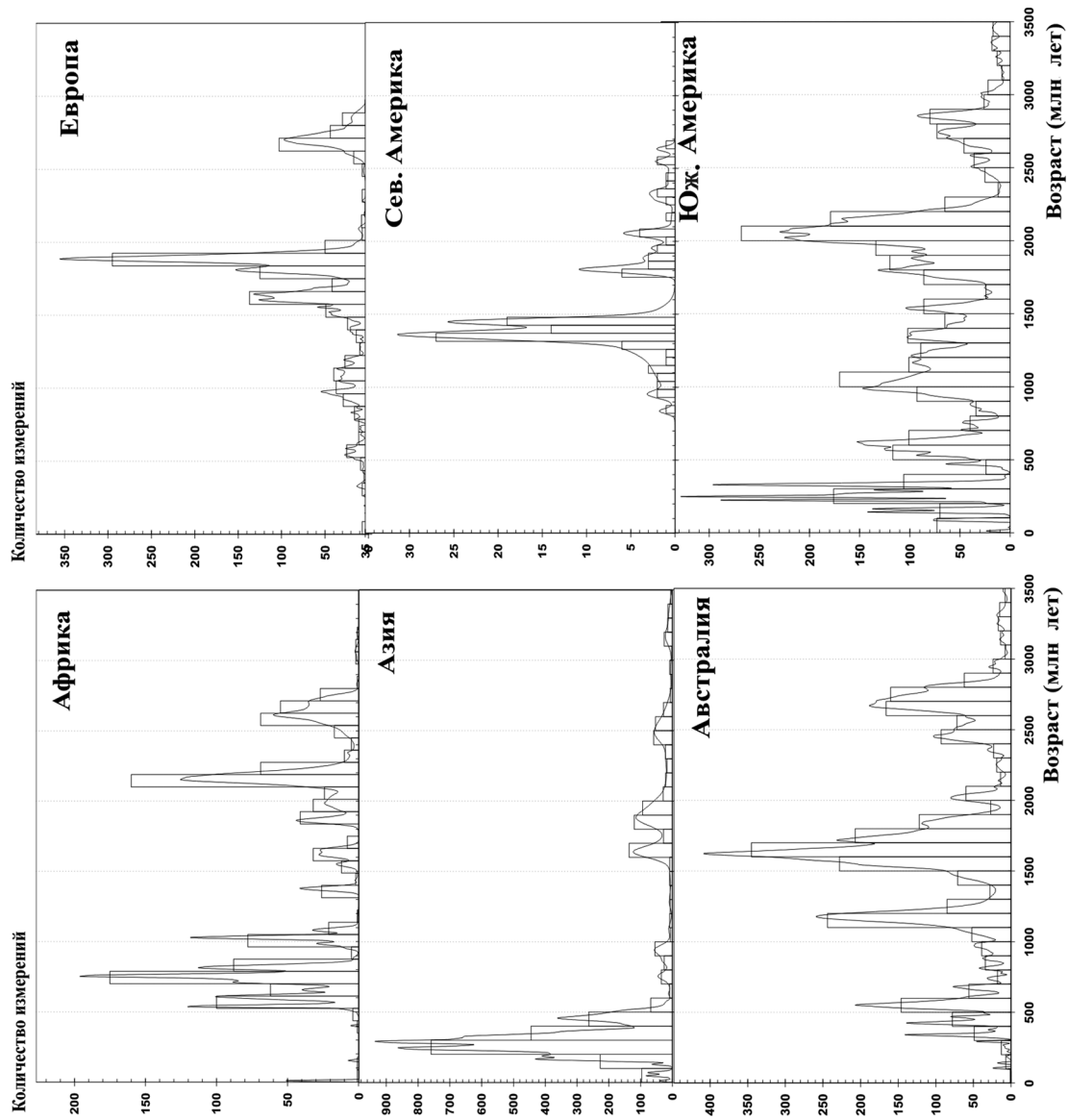


Рис. 7. Распределение возрастов детритовых цирконов разных континентов (база данных GEMOC)

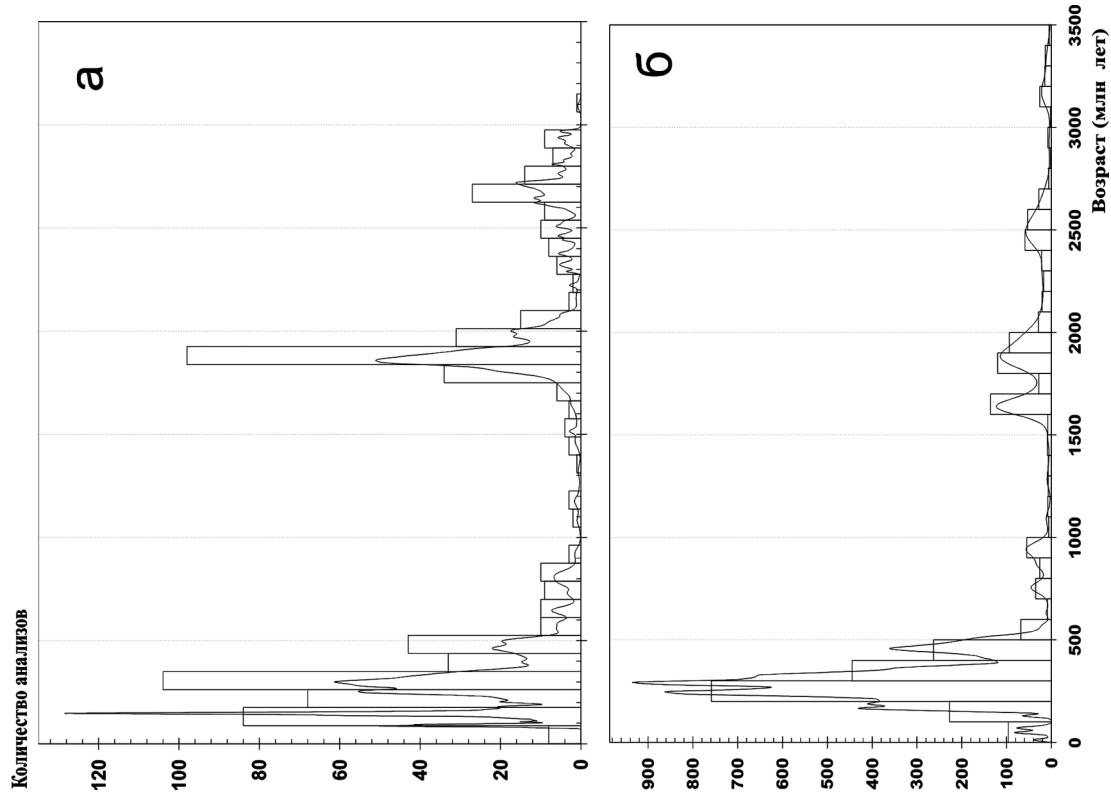


Рис. 8. Распределение возрастов детритовых цирконов
а – цирконы СЛО, исследованные в данной работе; *б* – детритовые
 цирконы Азии (база данных GEMOC)

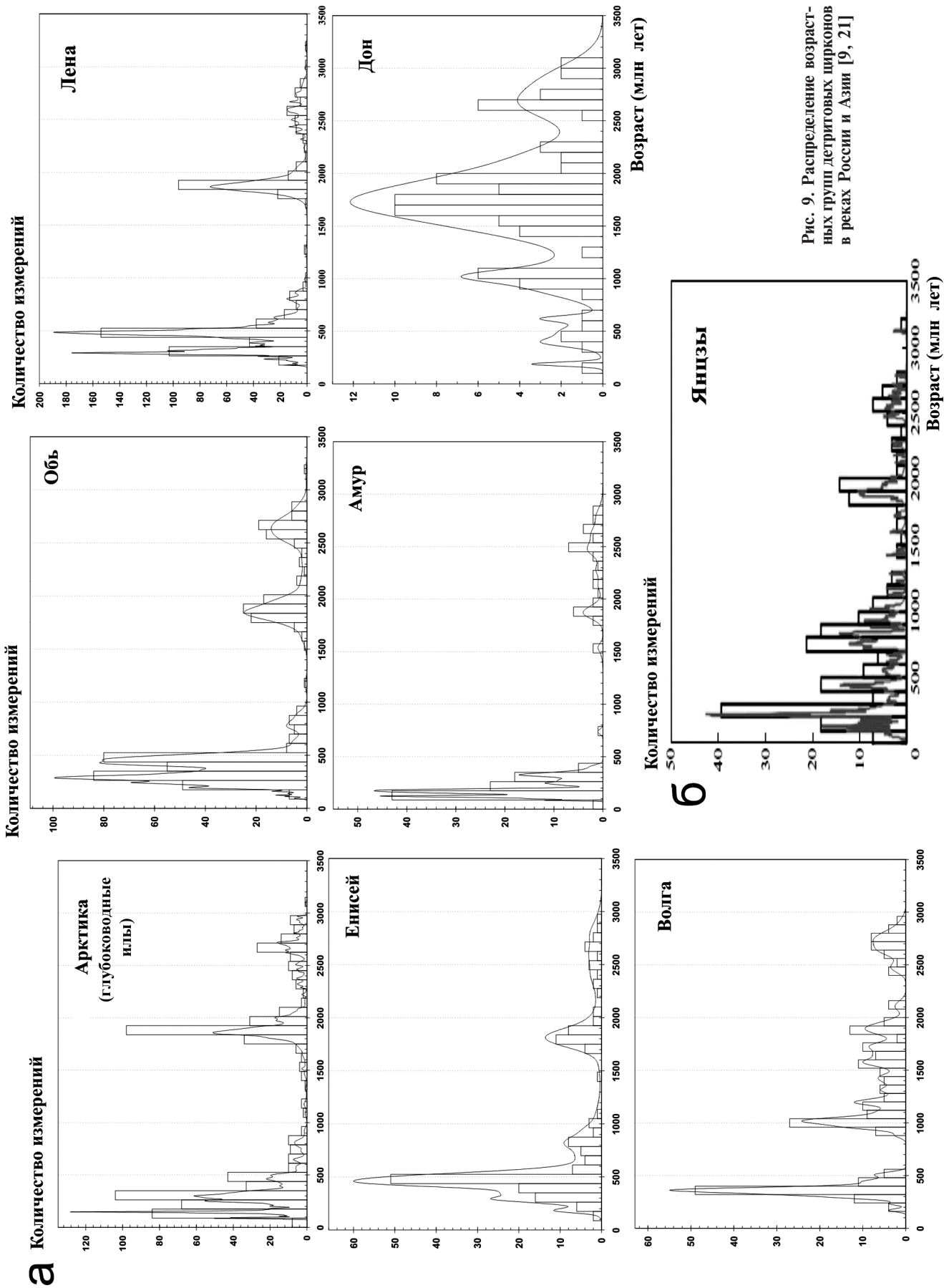


Рис. 9. Распределение возрастных групп детритовых цирконов в реках России и Азии [9, 21]

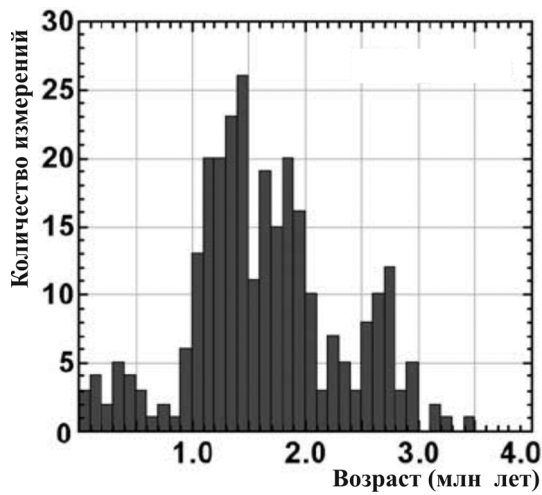


Рис. 10. Спектр распределения возрастных групп детритовых цирконов северной части устья р. Маккензи, Сев. Америка (данные из работы [19])

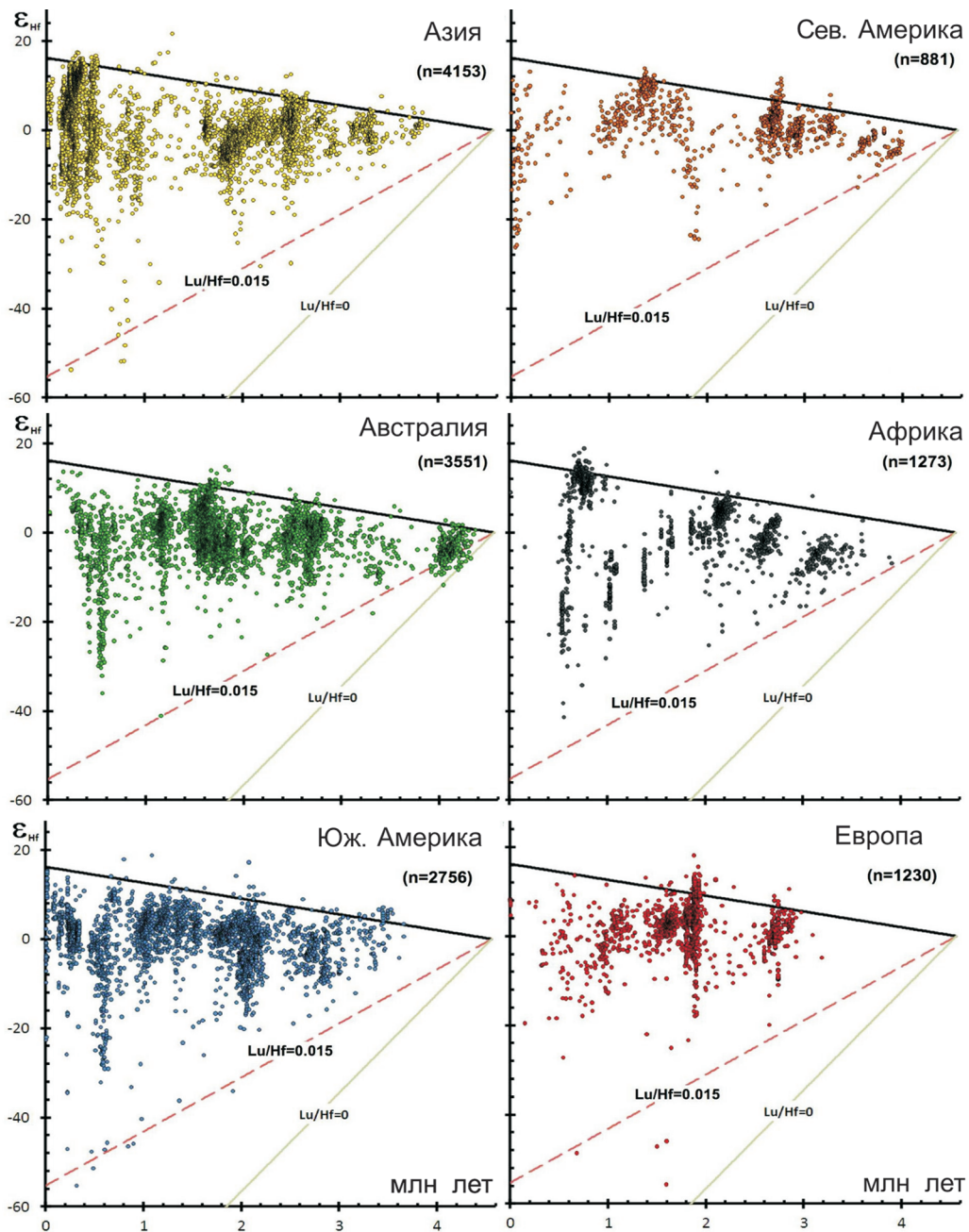


Рис. 11. Сопоставление литературных данных [13]: для детритовых цирконов разных континентов в координатах возраст – эфир Hf

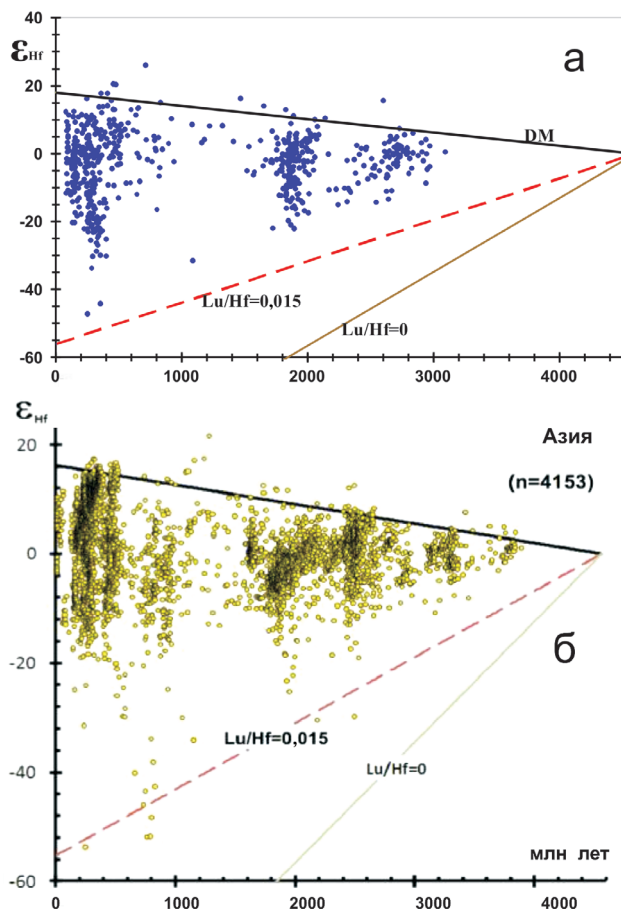


Рис. 12. Сопоставление данных из таблицы для детритовых цирконов пелагических осадков района хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева – а (отбракованы данные с погрешностью $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} > 2$ единиц эpsilon Hf и $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} > 0,005$) и литературных данных для детритовых цирконов Азии [13] – б

> 2500 млн лет (~11%). В отдельных пробах найдено некоторое количество цирконов с возрастaми 540–1000 млн лет. Во всех пробах часть зерен гренвилевского возраста крайне незначительна. Единичные зерна циркона (менее 2% от общего числа) в интервале 1000–1700 млн лет обнаружены преимущественно в пробах восточного склона хребта Менделеева и хребта Альфа (рис. 1, таблица).

Установленное в целом единообразие спектров распределения возрастов циркона свидетельствует о наличии общего (с единым набором возрастов) поликомпонентного источника детритовых цирконов пелагических илов для всего района. Обнаружены значительные вариации в представительности разных возрастных групп на геологически коротких интервалах времени, что говорит об изменчивости пропорций вклада основных составляющих источника цирконов.

Исследование Lu-Hf изотопной системы в цирконах для хребтов Альфа-Менделеева и Ломоносова и района Северного полюса показало, что ее использование дает дополнительную возможность идентификации источника сноса и степени разнообразия его компонентов.

Сопоставление с литературными данными указывает на сходство характера распределения U-Pb и Lu-Hf изотопных параметров исследованных детритовых цирконов данного региона Арктики и детритовых цирконов Азиатского континента. Уникальный характер этого распределения свидетельствует о генетической связи с континентальной корой Азии пород, в которых происходило образование этих цирконов.

Достоверных признаков значимого вклада коренных геологических комплексов других приарктических регионов в формирование тяжелой фракции изученных проб пелагических илов в настоящее время не обнаружено.

Результаты изотопно-геохимических и геохронологических анализов цирконов хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева (использована константа распада [20])

Продолжение таблицы

Проба	Возраст	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	Ошибка
1	85,2	3,6	0,0013	0,28256	0,00003
1	106,6	2,6	0,0014	0,28263	0,00002
1	146,1	4,1	0,0007	0,28237	0,00003
1	148,2	3,8	0,0011	0,28276	0,00001
1	175,1	6,8	0,0007	0,28297	0,00002
1	181,3	5,1	0,0011	0,28230	0,00002
1	214,4	6,6	0,0013	0,28270	0,00002
1	220,2	6,3	0,0014	0,28286	0,00002
1	222,4	11,3	0,0010	0,28201	0,00002
1	231,3	10,2	0,0010	0,28248	0,00002
1	249,7	7,1	0,0026	0,28293	0,00003
1	255,3	7,3	0,0020	0,28288	0,00004
1	255,9	7,1	0,0019	0,28197	0,00002
1	255,9	9,5	0,0010	0,28209	0,00002
1	256,1	10,0	0,0017	0,28228	0,00003
1	258,3	6,4	0,0009	0,28259	0,00002
1	268,3	12,6	0,0006	0,28226	0,00002
1	272,3	7,4	0,0017	0,28260	0,00003
1	276,4	11,0	0,0012	0,28260	0,00003
1	276,5	9,4	0,0004	0,28200	0,00002
1	277,6	8,8	0,0012	0,28221	0,00002
1	280,6	10,5	0,0010	0,28266	0,00002
1	282,4	8,1	0,0007	0,28201	0,00002
1	283,3	9,1	0,0015	0,28210	0,00003
1	292,8	10,2	0,0007	0,28283	0,00002
1	298,8	9,0	0,0016	0,28231	0,00002

Проба	Возраст	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	Ошибка
1	298,8	12,3	0,0007	0,28216	0,00002
1	302,6	9,5	0,0010	0,28284	0,00002
1	305,5	9,1	0,0007	0,28239	0,00002
1	307,9	8,7	0,0013	0,28236	0,00002
1	312,3	11,6	0,0010	0,28213	0,00003
1	312,4	8,6	0,0005	0,28275	0,00002
1	315,6	9,5	0,0011	0,28285	0,00002
1	318,5	11,1	0,0009	0,28196	0,00003
1	321,1	8,0	0,0013	0,28258	0,00003
1	325,0	10,0	0,0013	0,28205	0,00001
1	329,9	9,3	0,0007	0,28260	0,00003
1	332,6	9,5	0,0020	0,28197	0,00003
1	332,6	9,5	0,0013	0,28255	0,00002
1	335,4	10,7	0,0007	0,28251	0,00002
1	339,1	9,5	0,0010	0,28274	0,00002
1	349,2	8,6	0,0007	0,28131	0,00002
1	354,7	8,6	0,0013	0,28271	0,00002
1	354,8	10,6	0,0012	0,28276	0,00002
1	357,5	11,0	0,0009	0,28268	0,00002
1	393,7	8,8	0,0029	0,28214	0,00003
1	397,4	11,8	0,0009	0,28260	0,00003
1	403,3	14,5	0,0005	0,28265	0,00003
1	421,6	12,5	0,0015	0,28261	0,00002
1	440,0	13,2	0,0009	0,28249	0,00002
1	468,4	13,4	0,0011	0,28252	0,00003
1	483,3	12,8	0,0018	0,28250	0,00002
1	501,3	11,9	0,0014	0,28247	0,00002
1	568,1	20,8	0,0003	0,28257	0,00004
1	612,8	18,9	0,0020	0,28261	0,00002
1	641,7	17,6	0,0008	0,28256	0,00003

Продолжение таблицы

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка	Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
1	813,9	26,5	0,0005	0,28241	0,00002	3	342,3	10,7	0,0021	0,28263	0,00005
1	815,1	25,2	0,0014	0,28210	0,00003	3	451,2	15,8	0,0012	0,28319	0,00005
1	822,1	20,3	0,0008	0,28216	0,00002	3	453,8	14,7	0,0010	0,28251	0,00003
1	891,9	26,5	0,0009	0,28232	0,00002	3	571,1	16,1	0,0025	0,28297	0,00006
1	915,5	27,6	0,0008	0,28251	0,00003	3	571,3	17,6	0,0021	0,28270	0,00005
1	936,1	22,9	0,0010	0,28214	0,00002	3	633,0	21,5	0,0030	0,28233	0,00008
1	1753,0	17,9	0,0015	0,28185	0,00003	3	1650,0	25,0	0,0018	0,28219	0,00004
1	1783,7	18,7	0,0007	0,28163	0,00003	3	1827,0	43,0	0,0004	0,28135	0,00002
1	1792,9	15,4	0,0004	0,28156	0,00003	3	1843,0	29,0	0,0004	0,28135	0,00004
1	1846,7	19,7	0,0003	0,28145	0,00003	3	1843,0	22,0	0,0010	0,28168	0,00004
1	1847,4	24,5	0,0006	0,28159	0,00002	3	1845,0	38,0	0,0024	0,28114	0,00003
1	1852,3	34,5	0,0003	0,28135	0,00002	3	1848,0	17,0	0,0021	0,28175	0,00006
1	1856,2	19,2	0,0005	0,28155	0,00002	3	1851,0	15,0	0,0027	0,28245	0,00005
1	1860,1	26,1	0,0009	0,28139	0,00003	3	1852,0	21,0	0,0018	0,28162	0,00004
1	1873,4	27,3	0,0003	0,28146	0,00003	3	1854,0	16,0	0,0005	0,28179	0,00004
1	1881,5	9,2	0,0016	0,28151	0,00002	3	1865,0	23,0	0,0011	0,28169	0,00006
1	1891,0	21,8	0,0005	0,28134	0,00002	3	1886,0	18,0	0,0010	0,28136	0,00003
1	1897,1	18,8	0,0004	0,28139	0,00003	3	1910,0	24,0	0,0015	0,28138	0,00004
1	1918,2	8,5	0,0003	0,28107	0,00002	3	1917,1	6,6	0,0002	0,28135	0,00004
1	1925,1	15,2	0,0001	0,28123	0,00002	3	1976,0	12,0	0,0018	0,28144	0,00004
1	1933,0	24,0	0,0003	0,28151	0,00002	3	1983,0	19,0	0,0024	0,28166	0,00004
1	1950,3	19,8	0,0006	0,28163	0,00002	3	1983,0	19,0	0,0024	0,28166	0,00004
1	1968,2	17,9	0,0004	0,28149	0,00002	3	2070,0	26,0	0,0007	0,28161	0,00003
1	1999,5	13,9	0,0006	0,28156	0,00002	3	2085,1	9,4	0,0029	0,28173	0,00003
1	2006,2	13,9	0,0004	0,28135	0,00002	3	2506,7	8,9	0,0011	0,28130	0,00005
1	2015,4	37,5	0,0015	0,28167	0,00003	3	2609,3	9,5	0,0006	0,28123	0,00005
1	2034,7	18,7	0,0004	0,28144	0,00003	3	2666,4	8,5	0,0006	0,28080	0,00002
1	2054,9	40,1	0,0005	0,28178	0,00002	3	2689,2	9,6	0,0005	0,28121	0,00004
1	2366,3	16,1	0,0003	0,28124	0,00002	4	128,2	4,1	0,0004	0,28212	0,00005
1	2376,0	7,3	0,0023	0,28262	0,00004	4	260,6	8,4	0,0017	0,28275	0,00005
1	2528,7	21,6	0,0008	0,28102	0,00002	4	274,1	7,8	0,0029	0,28260	0,00007
1	2646,2	15,1	0,0009	0,28116	0,00002	4	281,4	10,0	0,0011	0,28292	0,00003
1	2728,0	10,5	0,0005	0,28113	0,00002	4	298,5	11,0	0,0019	0,28227	0,00006
1	2739,9	30,4	0,0003	0,28111	0,00002	4	308,0	9,4	0,0011	0,28262	0,00004
1	2754,9	17,6	0,0002	0,28105	0,00002	4	309,5	9,5	0,0009	0,28233	0,00003
1	2823,3	8,9	0,0005	0,28088	0,00004	4	327,3	10,8	0,0010	0,28257	0,00003
1	2901,7	21,5	0,0008	0,28106	0,00003	4	460,0	13,7	0,0029	0,28255	0,00007
1	2906,3	11,6	0,0005	0,28097	0,00003	4	499,4	14,0	0,0018	0,28271	0,00005
1	2935,6	17,4	0,0003	0,28104	0,00002	4	500,8	15,6	0,0035	0,28221	0,00008
2	137,2	2,8	0,0014	0,28250	0,00003	4	825,0	29,4	0,0026	0,28201	0,00007
2	144,6	3,1	0,0016	0,28259	0,00003	4	1848,0	21,0	0,0004	0,28143	0,00003
2	147,6	3,8	0,0031	0,28280	0,00004	4	1857,0	13,0	0,0017	0,28168	0,00003
2	148,4	3,2	0,0020	0,28282	0,00003	4	1859,0	11,0	0,0003	0,28122	0,00004
2	213,9	5,0	0,0010	0,28241	0,00003	4	1872,0	17,0	0,0013	0,28161	0,00003
2	243,9	7,2	0,0006	0,28246	0,00003	4	1877,0	15,0	0,0007	0,28136	0,00003
2	245,3	6,3	0,0011	0,28267	0,00003	4	1883,0	20,0	0,0004	0,28149	0,00003
2	280,9	6,3	0,0036	0,28222	0,00008	4	1920,0	17,0	0,0008	0,28121	0,00003
2	331,5	7,2	0,0020	0,28278	0,00003	4	1955,0	22,0	0,0003	0,28156	0,00004
2	354,9	7,8	0,0020	0,28307	0,00004	4	1989,0	24,0	0,0014	0,28162	0,00003
2	412,2	11,6	0,0021	0,28227	0,00003	4	2004,0	14,0	0,0020	0,28178	0,00003
2	475,7	9,8	0,0041	0,28309	0,00003	4	2008,0	29,0	0,0002	0,28118	0,00003
2	494,0	10,5	0,0008	0,28238	0,00002	4	2063,0	22,0	0,0004	0,28163	0,00005
2	594,8	14,2	0,0023	0,28279	0,00005	4	2312,0	16,0	0,0004	0,28093	0,00003
2	773,6	16,4	0,0036	0,28237	0,00008	4	2313,0	10,0	0,0009	0,28129	0,00003
2	1793,9	23,9	0,0003	0,28151	0,00004	4	2630,0	15,0	0,0015	0,28100	0,00003
2	1831,4	14,7	0,0011	0,28134	0,00005	4	2704,0	22,0	0,0007	0,28112	0,00004
2	1859,4	27,4	0,0042	0,28148	0,00007	4	2706,0	19,0	0,0006	0,28109	0,00003
2	1866,1	18,5	0,0019	0,28141	0,00003	4	2711,0	10,0	0,0018	0,28105	0,00004
2	1868,0	147,1	0,0014	0,28239	0,00006	4	2721,0	11,0	0,0014	0,28121	0,00005
2	1871,2	13,2	0,0000	0,28168	0,00006	4	2722,4	6,0	0,0007	0,28105	0,00003
2	1871,9	18,6	0,0007	0,28142	0,00003	4	2967,7	7,0	0,0005	0,28097	0,00003
2	1873,3	19,8	0,0008	0,28169	0,00004	5	85,9	3,2	0,0027	0,28268	0,00005
2	1877,7	12,4	0,0003	0,28136	0,00005	5	131,1	4,9	0,0010	0,28230	0,00004
2	1883,4	15,5	0,0003	0,28137	0,00004	5	166,6	6,5	0,0013	0,28250	0,00004
2	1900,7	52,0	0,0006	0,28114	0,00004	5	176,7	6,8	0,0009	0,28261	0,00004
2	2387,0	15,5	0,0006	0,28136	0,00002	5	261,5	8,7	0,0029	0,28231	0,00004
2	2645,0	9,6	0,0022	0,28130	0,00003	5	283,8	11,7	0,0010	0,28229	0,00005
2	2946,4	25,9	0,0016	0,28086	0,00003	5	284,8	9,4	0,0004	0,28252	0,00003
3	85,2	3,2	0,0014	0,28299	0,00003	5	294,6	9,6	0,0020	0,28271	0,00008
3	129,5	4,1	0,0020	0,28217	0,00004	5	317,4	10,6	0,0018	0,28258	0,00005
3	214,3	7,9	0,0006	0,28268	0,00004	5	352,8	12,7	0,0010	0,28202	0,00003
3	248,0	8,1	0,0011	0,28200	0,00003	5	360,3	12,7	0,0010	0,28290	0,00005
3	252,5	7,8	0,0018	0,28265	0,00008	5	365,6	12,0	0,0014	0,28304	0,00006
3	258,4	7,3	0,0024	0,28226	0,00005	5	378,0	12,9	0,0010	0,28269	0,00005
3	282,1	8,1	0,0012	0,28137	0,00003	5	472,3	15,2	0,0021	0,28293	0,00006
3	298,3	11,3	0,0006	0,28120	0,00004	5	513,9	17,3	0,0016	0,28261	0,00004
3	323,7	9,9	0,0017	0,28263	0,00007	5	547,0	19,2	0,0016	0,28309	0,00008
3	327,9	9,0	0,0011	0,28201	0,00003	5	1716,0	56,0	0,0038	0,28283	0,00004
						5	1846,0	19,0	0,0004	0,28136	0,00003
						5	1898,8	9,3	0,0002	0,28174	0,00003
						5	1949,0	22,0	0,0008	0,28167	0,00003

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
5	2002,0	16,0	0,0021	0,28110	0,00004
5	2054,0	30,0	0,0020	0,28171	0,00005
5	2623,8	7,6	0,0012	0,28085	0,00006
5	2724	8,9	0,0015	0,28112	0,00006
5	2859,0	11,0	0,0019	0,28154	0,00006
6	96,9	4,1	0,0018	0,28242	0,00004
6	127,2	5,1	0,0007	0,28259	0,00004
6	135,4	5,8	0,0002	0,28244	0,00004
6	141,4	5,4	0,0008	0,28237	0,00004
6	150,4	5,6	0,0006	0,28219	0,00004
6	164,3	6,9	0,0020	0,28278	0,00004
6	167,5	6,4	0,0011	0,28286	0,00003
6	181,4	6,8	0,0012	0,28273	0,00004
6	183,0	13,7	0,0006	0,28245	0,00008
6	250,4	9,3	0,0015	0,28256	0,00004
6	272,3	10,0	0,0030	0,28215	0,00006
6	289,2	10,7	0,0021	0,28235	0,00005
6	293,6	11,1	0,0018	0,28227	0,00006
6	297,1	9,8	0,0008	0,28260	0,00003
6	297,9	11,3	0,0003	0,28216	0,00006
6	301,5	10,9	0,0006	0,28260	0,00005
6	306,1	12,7	0,0005	0,28194	0,00004
6	327,8	12,6	0,0018	0,28188	0,00005
6	348,3	14,0	0,0018	0,28172	0,00005
6	424,6	15,8	0,0023	0,28269	0,00006
6	461,0	17,9	0,0014	0,28275	0,00004
6	507,0	20,6	0,0010	0,28270	0,00003
6	515,0	18,7	0,0010	0,28271	0,00004
6	712,0	28,7	0,0021	0,28309	0,00006
6	843,0	30,6	0,0017	0,28231	0,00005
6	1642,0	94,0	0,0010	0,28167	0,00004
6	1712,0	19,0	0,0006	0,28166	0,00004
6	1769,0	49,0	0,0007	0,28134	0,00004
6	1808,0	8,6	0,0006	0,28177	0,00005
6	1825,0	22,0	0,0006	0,28163	0,00003
6	1830,0	42,0	0,0004	0,28118	0,00003
6	1830,0	45,0	0,0013	0,28140	0,00004
6	1851,0	45,0	0,0020	0,28182	0,00005
6	1854,0	19,0	0,0011	0,28147	0,00003
6	1867,0	21,0	0,0007	0,28187	0,00005
6	1891,0	61,0	0,0004	0,28160	0,00003
6	1896,0	17,0	0,0004	0,28133	0,00004
6	1920,0	35,0	0,0002	0,28152	0,00003
6	1966,0	25,0	0,0011	0,28168	0,00003
6	2654,0	17,0	0,0010	0,28128	0,00003
6	2660,0	25,0	0,0006	0,28124	0,00004
6	2678,0	15,0	0,0007	0,28103	0,00003
6	2969,4	6,7	0,0017	0,28087	0,00005
7	137,3	4,2	0,0034	0,28269	0,00005
7	141,6	5,1	0,0032	0,28263	0,00004
7	176,2	5,1	0,0037	0,28239	0,00004
7	183,4	7,7	0,0014	0,28222	0,00003
7	266,4	9,6	0,0034	0,28272	0,00004
7	436,4	16,2	0,0023	0,28296	0,00002
7	444,9	13,6	0,0013	0,28238	0,00003
7	511,8	15,0	0,0058	0,28285	0,00006
7	653,0	23,8	0,0028	0,28278	0,00004
7	800,0	23,0	0,0016	0,28183	0,00002
7	831,0	24,5	0,0032	0,28187	0,00007
7	1464,0	32,0	0,0013	0,28235	0,00002
7	1754,0	69,0	0,0002	0,28171	0,00003
7	1845,0	16,0	0,0010	0,28176	0,00002
7	1908,0	100,0	0,0003	0,28156	0,00006
7	1993,0	12,0	0,0003	0,28162	0,00003
7	2654,0	14,0	0,0021	0,28107	0,00003
7	2693,0	16,0	0,0005	0,28115	0,00003
7	2724,0	12,0	0,0014	0,28132	0,00005
7	2800,4	9,2	0,0006	0,28086	0,00003
8	89,7	2,7	0,0026	0,28247	0,00002
8	124,4	3,9	0,0013	0,28246	0,00003
8	135,6	3,6	0,0012	0,28242	0,00002
8	137,4	3,5	0,0020	0,28267	0,00002
8	138,4	3,8	0,0028	0,28277	0,00003
8	139,7	3,9	0,0021	0,28251	0,00002
8	140,4	4,1	0,0009	0,28269	0,00002
8	146,7	4,4	0,0012	0,28211	0,00002
8	148,0	4,3	0,0045	0,28252	0,00004
8	149,0	4,0	0,0011	0,28275	0,00002
8	156,8	4,4	0,0027	0,28244	0,00002

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
8	160,6	4,3	0,0029	0,28264	0,00002
8	165,5	6,0	0,0007	0,28248	0,00003
8	197,3	6,5	0,0016	0,28216	0,00003
8	217,2	10,7	0,0020	0,28267	0,00002
8	220,5	6,7	0,0020	0,28243	0,00003
8	228,9	8,5	0,0005	0,28252	0,00002
8	237,2	6,5	0,0024	0,28253	0,00003
8	239,5	19,7	0,0015	0,28256	0,00002
8	244,9	8,4	0,0025	0,28231	0,00002
8	248,6	6,6	0,0018	0,28271	0,00003
8	250,0	13,3	0,0016	0,28129	0,00003
8	250,3	10,9	0,0006	0,28237	0,00003
8	286,8	7,9	0,0009	0,28175	0,00003
8	294,5	8,1	0,0013	0,28206	0,00002
8	296,9	9,2	0,0014	0,28197	0,00002
8	299,0	11,9	0,0015	0,28256	0,00002
8	300,3	8,4	0,0031	0,28261	0,00003
8	314,8	8,7	0,0019	0,28280	0,00002
8	318,7	8,7	0,0009	0,28184	0,00002
8	329,0	12,6	0,0007	0,28181	0,00002
8	345,3	10,7	0,0009	0,28253	0,00003
8	352,1	10,6	0,0024	0,28191	0,00003
8	430,0	10,4	0,0031	0,28275	0,00003
8	504,9	11,9	0,0002	0,28243	0,00001
8	792,0	23,9	0,0006	0,28232	0,00002
8	1532,0	38,0	0,0005	0,28188	0,00003
8	1574,9	87,9	0,0022	0,28170	0,00003
8	1752,1	22,4	0,0010	0,28154	0,00002
8	1762,9	31,2	0,0009	0,28177	0,00003
8	1777,0	95,0	0,0010	0,28155	0,00003
8	1785,0	64,0	0,0011	0,28165	0,00003
8	1785,6	34,6	0,0007	0,28133	0,00002
8	1795,5	34,5	0,0001	0,28165	0,00003
8	1830,3	30,8	0,0011	0,28131	0,00003
8	1852,0	44,0	0,0013	0,28168	0,00003
8	1853,0	18,0	0,0023	0,28157	0,00003
8	1876,5	12,3	0,0000	0,28114	0,00003
8	1891,4	21,1	0,0010	0,28100	0,00003
8	1908,4	8,7	0,0000	0,28164	0,00004
8	1916,0	19,3	0,0018	0,28129	0,00003
8	2018,0	26,9	0,0004	0,28168	0,00004
8	2165,0	43,0	0,0004	0,28112	0,00003
8	2237,0	28,0	0,0014	0,28100	0,00003
8	2375,2	15,9	0,0009	0,28115	0,00002
8	2633,8	11,4	0,0008	0,28096	0,00002
8	2708,7	13,9	0,0009	0,28103	0,00003
9	88,8	4,3	0,0019	0,28265	0,00004
9	137,2	3,8	0,0029	0,28269	0,00004
9	138,6	3,5	0,0015	0,28304	0,00003
9	145,1	3,8	0,0017	0,28272	0,00002
9	148,2	3,3	0,0012	0,28240	0,00002
9	150,9	3,6	0,0027	0,28261	0,00004
9	203,0	4,8	0,0019	0,28265	0,00003
9	222,5	5,4	0,0014	0,28284	0,00003
9	241,0	6,7	0,0008	0,28287	0,00003
9	242,9	6,3	0,0024	0,28229	0,00003
9	248,1	6,7	0,0037	0,28278	0,00005
9	253,0	7,1	0,0035	0,28219	0,00005
9	254,7	12,3	0,0010	0,28205	0,00003
9	258,7	7,5	0,0003	0,28206	0,00003
9	275,4	8,3	0,0008	0,28202	0,00003
9	290,5	6,2	0,0006	0,28244	0,00002
9	301,2	8,2	0,0005	0,28249	0,00002
9	335,7	9,7	0,0009	0,28189	0,00003
9	343,9	6,7	0,0036	0,28217	0,00004
9	345,7	9,3	0,0013	0,28195	0,00002
9	400,5	8,7	0,0028	0,28209	0,00002
9	439,3	11,0	0,0018	0,28269	0,00003
9	452,9	13,0	0,0009	0,28247	0,00003
9	456,5	11,4	0,0032	0,28272	0,00007
9	467,7	9,7	0,0039	0,28270	0,00004
9	483,5	13,6	0,0013	0,28239	0,00003
9	492,9	12,5	0,0044	0,28272	0,00004
9	518,3	10,6	0,0009	0,28264	0,00003
9	589,6	11,4	0,0006	0,28217	0,00002
9	640,7	14,5	0,0007	0,28204	0,00002
9	641,9	17,9	0,0005	0,28238	0,00002
9	1790,8	15,1	0,0003	0,28154	0,00003
9	1804,9	16,4	0,0015	0,28168	0,00003
9	1805,4	12,0	0,0005	0,28158	0,00002
9	1819,2	17,8	0,0008	0,28175	0,00002

Продолжение таблицы

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка	Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
9	1824,3	29,0	0,0006	0,28164	0,00002	10	2288,9	5,3	0,0021	0,28113	0,00003
9	1828,1	12,3	0,0006	0,28157	0,00003	10	2621,4	5,5	0,0032	0,28107	0,00005
9	1828,1	17,6	0,0012	0,28134	0,00002	10	2705,9	8,6	0,0005	0,28103	0,00003
9	1832,8	15,8	0,0003	0,28124	0,00003	10	2810,2	4,3	0,0012	0,28101	0,00003
9	1846,1	8,3	0,0005	0,28143	0,00003	10	2939,7	8,9	0,0008	0,28094	0,00003
9	1846,3	18,2	0,0007	0,28158	0,00003	11	192,2	21,6	0,0025	0,28242	0,00005
9	1847,9	15,2	0,0005	0,28149	0,00003	11	238,0	9,0	0,0012	0,28263	0,00003
9	1848,0	7,0	0,0008	0,28166	0,00003	11	278,0	13,2	0,0013	0,28238	0,00003
9	1855,5	26,1	0,0008	0,28162	0,00002	11	286,1	11,2	0,0020	0,28259	0,00004
9	1860,8	6,0	0,0011	0,28167	0,00002	11	292,6	11,7	0,0012	0,28210	0,00002
9	1865,3	9,6	0,0000	0,28101	0,00003	11	302,8	11,8	0,0013	0,28238	0,00004
9	1868,6	18,2	0,0007	0,28158	0,00003	11	338,3	12,6	0,0048	0,28190	0,00008
9	1872,0	16,6	0,0008	0,28147	0,00002	11	338,6	12,1	0,0024	0,28297	0,00003
9	1872,1	16,0	0,0010	0,28160	0,00002	11	338,6	12,1	0,0024	0,28297	0,00003
9	1874,8	17,6	0,0005	0,28158	0,00002	11	369,2	14,6	0,0039	0,28296	0,00004
9	1874,8	16,9	0,0004	0,28123	0,00002	11	395,5	27,0	0,0024	0,28184	0,00004
9	1893,8	18,9	0,0006	0,28162	0,00003	11	445,1	15,4	0,0046	0,28267	0,00007
9	1900,2	9,0	0,0012	0,28165	0,00003	11	456,7	17,8	0,0027	0,28280	0,00003
9	1912,6	25,9	0,0002	0,28174	0,00002	11	509,3	19,8	0,0012	0,28246	0,00003
9	1930,9	18,4	0,0004	0,28145	0,00003	11	547,6	21,3	0,0014	0,28265	0,00002
9	1965,1	12,9	0,0007	0,28145	0,00004	11	825,5	31,8	0,0055	0,28277	0,00005
9	1983,6	17,2	0,0010	0,28168	0,00003	11	1083,4	23,7	0,0014	0,28124	0,00003
9	2004,7	7,9	0,0020	0,28171	0,00003	11	1155,4	25,6	0,0014	0,28217	0,00002
9	2005,3	22,5	0,0006	0,28155	0,00003	11	1322,5	29,0	0,0015	0,28221	0,00003
9	2006,8	10,8	0,0036	0,28178	0,00007	11	1664,8	25,9	0,0016	0,28172	0,00003
9	2045,8	13,4	0,0014	0,28140	0,00003	11	1703,3	61,1	0,0009	0,28166	0,00003
9	2330,6	8,8	0,0024	0,28110	0,00004	11	1721,4	35,8	0,0014	0,28112	0,00003
9	2441,8	5,6	0,0002	0,28114	0,00002	11	1846,4	52,7	0,0011	0,28154	0,00003
9	2477,1	11,1	0,0002	0,28100	0,00003	11	1862,5	17,2	0,0010	0,28159	0,00002
9	2526,8	12,9	0,0007	0,28109	0,00003	11	1867,0	57,0	0,0013	0,28171	0,00003
9	2533,3	11,7	0,0004	0,28109	0,00002	11	1874,5	21,8	0,0012	0,28152	0,00004
9	2568,2	35,9	0,0003	0,28102	0,00003	11	1891,3	18,7	0,0001	0,28163	0,00004
9	2596,1	15,8	0,0006	0,28159	0,00003	11	1897,6	49,3	0,0003	0,28155	0,00002
9	2607,1	6,9	0,0003	0,28115	0,00003	11	2022,9	18,1	0,0010	0,28169	0,00003
9	2685,7	17,1	0,0005	0,28114	0,00002	11	2026,7	40,4	0,0026	0,28173	0,00004
9	2705,0	14,5	0,0006	0,28098	0,00003	11	2033,8	21,1	0,0012	0,28168	0,00003
9	2766,5	10,8	0,0008	0,28122	0,00002	11	2134,2	64,7	0,0003	0,28173	0,00003
9	2798,4	15,2	0,0020	0,28111	0,00003	11	2163,2	29,6	0,0011	0,28145	0,00003
9	2873,6	26,0	0,0008	0,28097	0,00002	11	2409,4	48,3	0,0018	0,28133	0,00003
9	2938,4	7,7	0,0005	0,28069	0,00002	11	2515,5	12,3	0,0017	0,28114	0,00003
10	80,9	2,8	0,0017	0,28240	0,00003	11	2585,7	12,5	0,0011	0,28112	0,00004
10	96,4	2,2	0,0011	0,28285	0,00004	11	2615,5	17,1	0,0008	0,28113	0,00003
10	135,8	3,0	0,0052	0,28281	0,00008	11	2626,8	20,1	0,0007	0,28115	0,00004
10	144,8	3,3	0,0012	0,28263	0,00002	11	2677,2	9,7	0,0011	0,28113	0,00003
10	145,5	3,1	0,0041	0,28261	0,00005	11	2678,0	19,2	0,0011	0,28112	0,00003
10	146,1	3,7	0,0019	0,28256	0,00003	11	2706,8	18,1	0,0010	0,28125	0,00005
10	147,1	3,1	0,0027	0,28272	0,00004	11	2779,9	20,6	0,0007	0,28103	0,00003
10	148,1	3,5	0,0021	0,28273	0,00002	11	2832,0	8,2	0,0020	0,28109	0,00003
10	148,7	3,0	0,0053	0,28269	0,00008	11	2915,8	11,5	0,0012	0,28093	0,00004
10	150,3	3,6	0,0029	0,28272	0,00003	12	118,0	3,9	0,0012	0,28238	0,00003
10	151,8	3,9	0,0037	0,28241	0,00005	12	122,5	3,4	0,0013	0,28257	0,00002
10	154,8	3,4	0,0042	0,28255	0,00007	12	150,5	3,1	0,0012	0,28269	0,00002
10	180,9	4,8	0,0012	0,28268	0,00003	12	152,4	3,5	0,0015	0,28273	0,00002
10	258,3	7,6	0,0020	0,28252	0,00002	12	164,8	4,5	0,0018	0,28216	0,00002
10	261,6	6,7	0,0015	0,28212	0,00003	12	203,4	5,7	0,0016	0,28290	0,00002
10	261,9	5,9	0,0010	0,28220	0,00003	12	234,8	7,8	0,0015	0,28267	0,00002
10	270,3	6,9	0,0018	0,28212	0,00002	12	242,0	6,0	0,0012	0,28276	0,00002
10	272,4	6,5	0,0013	0,28189	0,00003	12	255,1	8,0	0,0017	0,28289	0,00002
10	278,3	6,1	0,0027	0,28265	0,00003	12	258,7	7,8	0,0023	0,28278	0,00002
10	281,1	5,6	0,0020	0,28219	0,00003	12	299,9	6,6	0,0039	0,28273	0,00004
10	287,8	5,8	0,0027	0,28264	0,00004	12	301,7	9,1	0,0011	0,28289	0,00003
10	300,1	6,5	0,0026	0,28205	0,00006	12	304,9	9,2	0,0011	0,28257	0,00002
10	320,7	8,1	0,0040	0,28199	0,00006	12	314,4	7,5	0,0016	0,28257	0,00003
10	336,6	9,8	0,0021	0,28194	0,00003	12	320,1	9,2	0,0011	0,28201	0,00002
10	365,3	8,6	0,0026	0,28192	0,00003	12	347,3	10,6	0,0010	0,28235	0,00002
10	375,5	9,7	0,0004	0,28202	0,00004	12	405,2	12,4	0,0019	0,28304	0,00002
10	408,8	8,7	0,0020	0,28293	0,00003	12	424,5	10,5	0,0020	0,28281	0,00003
10	474,7	10,4	0,0048	0,28276	0,00006	12	454,4	19,4	0,0012	0,28287	0,00003
10	500,3	10,3	0,0007	0,28258	0,00003	12	464,1	13,7	0,0013	0,28286	0,00003
10	731,4	16,3	0,0030	0,28232	0,00006	12	465,7	13,8	0,0008	0,28263	0,00003
10	1515,3	9,3	0,0015	0,28172	0,00004	12	503,0	14,6	0,0006	0,28266	0,00003
10	1802,0	12,1	0,0010	0,28161	0,00003	12	503,8	15,2	0,0004	0,28262	0,00002
10	1849,3	13,0	0,0010	0,28141	0,00003	12	715,9	24,0	0,0036	0,28249	0,00003
10	1904,0	15,9	0,0009	0,28173	0,00004	12	778,8	23,0	0,0008	0,28245	0,00002
10	1905,4	9,1	0,0004	0,28174	0,00003	12	786,3	26,2	0,0011	0,28234	0,00002
10	1964,4	15,5	0,0006	0,28148	0,00004	12	1717,7	21,7	0,0005	0,28164	0,00003
10	1971,7	7,3	0,0009	0,28109	0,00003	12	1803,4	28,3	0,0007	0,28137	0,00002
10	1983,3	12,6	0,0008	0,28140	0,00004	12	1813,3	23,9	0,0006	0,28147	0,00002
10	2222,5	7,8	0,0000	0,28107	0,00003	12	1818,1	20,7	0,0010	0,28176	0,00003
						12	1846,2	8,1	0,0007	0,28165	0,00002
						12	1846,6	23,0	0,0010	0,28144	0,00003

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
12	1866,9	23,8	0,0004	0,28134	0,00002
12	1871,3	22,9	0,0006	0,28163	0,00003
12	1885,2	20,8	0,0034	0,28202	0,00003
12	1894,1	40,2	0,0011	0,28156	0,00004
12	1900,0	34,1	0,0005	0,28130	0,00002
12	1904,6	26,3	0,0003	0,28152	0,00003
12	1908,3	26,1	0,0009	0,28170	0,00003
12	1948,5	31,4	0,0002	0,28116	0,00003
12	1954,2	27,5	0,0002	0,28114	0,00002
12	2028,9	30,2	0,0005	0,28153	0,00003
12	2073,0	22,3	0,0009	0,28173	0,00002
12	2460,6	14,8	0,0007	0,28128	0,00002
12	2636,5	22,1	0,0012	0,28105	0,00002
12	2646,1	7,1	0,0006	0,28109	0,00003
12	2699,4	15,1	0,0003	0,28108	0,00003
12	2711,6	12,7	0,0005	0,28115	0,00002
12	2731,6	37,8	0,0004	0,28105	0,00002
12	2731,7	33,0	0,0007	0,28105	0,00002
12	2761,7	11,7	0,0005	0,28107	0,00002
12	2788,9	38,2	0,0004	0,28107	0,00002
12	3089,8	20,3	0,0007	0,28086	0,00003
13	76,9	1,7	0,0037	0,28308	0,00004
13	85,5	1,8	0,0045	0,28265	0,00005
13	87,7	2,2	0,0012	0,28277	0,00003
13	93,1	2,0	0,0029	0,28287	0,00003
13	93,7	2,0	0,0011	0,28277	0,00002
13	101,1	3,1	0,0016	0,28304	0,00003
13	115,1	3,1	0,0026	0,28236	0,00005
13	144,7	3,1	0,0029	0,28264	0,00003
13	145,5	3,5	0,0012	0,28266	0,00002
13	146,6	3,5	0,0041	0,28257	0,00008
13	147,3	4,3	0,0025	0,28268	0,00003
13	154,6	4,2	0,0024	0,28275	0,00005
13	155,3	3,6	0,0019	0,28247	0,00003
13	239,3	7,0	0,0012	0,28294	0,00003
13	241,1	6,3	0,0024	0,28236	0,00003
13	245,3	5,4	0,0013	0,28309	0,00002
13	250,5	6,9	0,0014	0,28207	0,00003
13	274,4	7,0	0,0045	0,28269	0,00005
13	293,7	7,9	0,0036	0,28238	0,00005
13	305,3	6,2	0,0025	0,28224	0,00008
13	311,3	6,4	0,0030	0,28206	0,00003
13	319,8	7,5	0,0023	0,28178	0,00004
13	326,6	7,2	0,0019	0,28278	0,00002
13	387,5	9,7	0,0026	0,28273	0,00003
13	397,2	9,0	0,0057	0,28172	0,00005
13	422,0	10,1	0,0021	0,28249	0,00005
13	442,2	9,1	0,0018	0,28249	0,00002
13	457,7	9,9	0,0018	0,28224	0,00002
13	460,3	8,7	0,0030	0,28260	0,00004
13	493,4	10,6	0,0031	0,28213	0,00005
13	510,1	14,7	0,0013	0,28239	0,00004
13	576,5	15,0	0,0063	0,28153	0,00006
13	633,0	20,5	0,0016	0,28272	0,00004
13	650,7	15,3	0,0013	0,28276	0,00004
13	656,0	13,2	0,0041	0,28239	0,00004
13	782,8	16,5	0,0027	0,28244	0,00003
13	818,6	16,2	0,0047	0,28218	0,00006
13	1077,0	62,0	0,0020	0,28238	0,00003
13	1754,0	33,0	0,0008	0,28165	0,00002
13	1825,0	15,0	0,0053	0,28217	0,00003
13	1856,0	12,0	0,0013	0,28160	0,00002
13	1869,0	21,0	0,0015	0,28166	0,00003
13	1883,0	24,0	0,0013	0,28158	0,00003
13	1889,0	10,0	0,0000	0,28166	0,00002
13	1930,0	16,0	0,0013	0,28135	0,00004
13	1995,0	25,0	0,0013	0,28158	0,00003
13	2505,0	7,7	0,0020	0,28111	0,00004
13	2641,0	16,0	0,0024	0,28084	0,00005
14	83,6	2,5	0,0024	0,28269	0,00003
14	84,4	2,0	0,0013	0,28291	0,00002
14	88,1	2,3	0,0016	0,28282	0,00003
14	90,2	2,3	0,0044	0,28274	0,00005
14	93,2	2,3	0,0049	0,28296	0,00005
14	95,6	2,6	0,0015	0,28293	0,00003
14	111,9	3,2	0,0011	0,28265	0,00004
14	135,9	5,1	0,0032	0,28301	0,00003
14	144,7	3,6	0,0033	0,28250	0,00006
14	147,9	4,3	0,0022	0,28243	0,00003
14	148,9	4,0	0,0029	0,28251	0,00004

Проба	Возраст	±	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	Ошибка
14	150,6	3,8	0,0041	0,28258	0,00004
14	150,9	4,4	0,0023	0,28295	0,00003
14	151,2	9,1	0,0008	0,28219	0,00003
14	151,8	5,3	0,0024	0,28266	0,00003
14	155,3	4,2	0,0030	0,28253	0,00003
14	158,5	4,6	0,0024	0,28270	0,00003
14	167,1	4,5	0,0012	0,28228	0,00003
14	190,2	10,5	0,0006	0,28257	0,00002
14	200,8	4,8	0,0025	0,28298	0,00002
14	200,9	4,7	0,0022	0,28270	0,00002
14	208,4	4,8	0,0014	0,28282	0,00002
14	229,7	6,3	0,0022	0,28263	0,00003
14	230,0	4,9	0,0010	0,28260	0,00004
14	256,3	6,8	0,0021	0,28208	0,00002
14	261,0	10,2	0,0017	0,28224	0,00003
14	273,1	10,2	0,0016	0,28289	0,00003
14	278,7	9,5	0,0005	0,28290	0,00003
14	282,0	11,7	0,0009	0,28165	0,00003
14	293,2	7,5	0,0019	0,28195	0,00003
14	299,0	8,2	0,0018	0,28214	0,00003
14	302,4	7,2	0,0019	0,28214	0,00003
14	313,3	8,7	0,0015	0,28195	0,00003
14	328,3	8,3	0,0018	0,28251	0,00003
14	345,9	8,0	0,0023	0,28242	0,00003
14	371,6	10,9	0,0025	0,28215	0,00003
14	383,3	11,3	0,0028	0,28218	0,00002
14	387,9	9,7	0,0016	0,28262	0,00002
14	422,0	10,8	0,0024	0,28278	0,00004
14	469,6	12,8	0,0019	0,28254	0,00003
14	549,0	11,6	0,0067	0,28203	0,00007
14	553,8	17,7	0,0005	0,28219	0,00003
14	727,8	17,6	0,0009	0,28228	0,00002
14	762,8	39,5	0,0022	0,28226	0,00002
14	1822,0	26,0	0,0009	0,28130	0,00002
14	1838,7	12,6	0,0012	0,28164	0,00003
14	1843,5	6,8	0,0007	0,28154	0,00003
14	1852,0	48,0	0,0006	0,28171	0,00002
14	1868,5	15,5	0,0009	0,28158	0,00002
14	1892,0	61,0	0,0003	0,28116	0,00003
14	1906,3	20,2	0,0003	0,28162	0,00003
14	2339,0	18,0	0,0006	0,28100	0,00002
14	2465,3	12,1	0,0018	0,28135	0,00002
14	2543,0	50,0	0,0005	0,28078	0,00002
15	106,9	2,5	0,0013	0,28273	0,00002
15	146,8	4,6	0,0014	0,28270	0,00002
15	335,8	7,6	0,0022	0,28201	0,00003
15	363,2	8,0	0,0016	0,28255	0,00003
15	488,9	14,0	0,0020	0,28255	0,00004
15	666,0	23,0	0,0008	0,28214	0,00003
15	1179,0	19,0	0,0009	0,28217	0,00003
15	1220,0	37,0	0,0012	0,28227	0,00003
15	1409,0	140,0	0,0014	0,28203	0,00002
15	1464,0	29,0	0,0065	0,28138	0,00007
15	1566,0	60,0	0,0025	0,28169	0,00003
15	1622,0	30,0	0,0010	0,28189	0,00002
15	1895,0	52,0	0,0007	0,28140	0,00003
15	1912,0	47,0	0,0013	0,28163	0,00003
15	1932,0	32,0	0,0009	0,28157	0,00002
15	1995,0	29,0	0,0028	0,28156	0,00004
15	2054,0	36,0	0,0014	0,28150	0,00002
15	2320,0	10,0	0,0008	0,28105	0,00005
15	2399,0	35,0	0,0011	0,28106	0,00003
15	2425,0	23,0	0,0014	0,28135	0,00003
15	2460,3	7,0	0,0011	0,28131	0,00002
15	2832,0	35,0	0,0008	0,28119	0,00002

Номера проб: 1 – IL(PS1), 2 – ALR12-14(PS2), 3 – ALR117-121(PS3), 4 – ALR218-220(PS4), 5 – ALR310-312(PS5), 6 – ALR408-410(PS6), 7 – ALR505-507(PS7), 8 – ALR781-783(PS10), 9 – KD12-06-19c (723-726), 10 – KD120827c300-302, 11 – KD120523c-155-157,5, 12 – KD120619c616_619, 13 – KD12-00-08c895-900, 14 – KD1201-15c, 890-893, 15 – KD12-03-10c407-410.

1. Белов Н.А., Лапина Н.Н. Донные отложения центральной части Северного Ледовитого океана // Сборник статей по геологии Арктики. 1958. Вып. 9. Т. 85. — С. 90–116 (Труды НИИГА).
2. Гусев Е. А., Лукашенко Р.В., Попко А.О. и др. Новые данные о строении склонов подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Доклады РАН. 2014. Т. 455. № 2. — С. 184–188.
3. Гусев Е.А., Максимов Ф.Е., Новихина Е.С. и др. К вопросу о стратиграфии донных осадков поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. 2012. Вып. 4. — С. 102–115.
4. Куликов Н.Н., Лапина Н.Н., Семенов Ю.П. и др. Стратификация и скорости накопления донных отложений Арктических морей СССР // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — С. 34–41.
5. Левитан М.А., Сыромятников К.В. Геологическая роль льда в формировании состава современных и четвертичных осадков Северного Ледовитого океана // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода (Апатиты, 12–17 сент. 2011 г.). — Апатиты; СПб., 2011. — Т. 2: (Л–Я). — С. 31–33.
6. Лисицын А.П. Новый тип седиментогенеза в Арктике — ледовый морской, новые подходы к исследованию процессов // Геология и геофизика. 2010. Т. 15. № 1. — С. 18–60.
7. Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П. и др. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области центрально-арктических поднятий // Регион. геология и металлогения. 2013. № 53. — С. 34–55.
8. Рекант П.В., Пяткова М.Н., Николаев С.Д., Талденкова Е.Е. Донно-каменный материал отрога Геофизиков как петротип фундамента южной части хребта Ломоносова (Северный Ледовитый океан) // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. Специальный выпуск. Геология и полезные ископаемые окраинных морей Евразии. — М.: ГЕОС, 2012. — С. 29–40.
9. Сафонова И.Ю., Рино Ш., Маруяма Ш. U–Pb возраст детритовых цирконов из современных отложений реки Янцзы и этапы орогении в Юго-Восточной Азии // Доклады РАН. 2010. Т. 431. № 1. — С. 72–77.
10. Туркина О.М., Капитонов И.Н., Сергеев С.А. Изотопный состав Hf в цирконе из палеоархейских плагиогнейсов и плагиогранитоидов шарыжалгайского выступа (юг сибирского кратона) и его значение для оценки роста континентальной коры // Геология и геофизика. 2013. № 3. — С. 357–379.
11. Adams C.J., Campbell H.J., Griffin W.L. Provenance comparisons of Permian to Jurassic tectono-stratigraphic terranes in New Zealand: perspectives from detrital zircon age patterns // Geological Mag. 2007. N 144. P. 701–729.
12. Batumike J.M., O'Reilly S.Y., Griffin W.L., Belousova E.A. U–Pb and Hf-isotope analyses of zircon from the Kundelungu Kimberlites, D.R. Congo: Implications for crustal evolution // Precamb. Res. 2007. N 156. P. 195–225.
13. Belousova E.A., Kostitsyn Y.A., Griffin W.L. et al. The growth of the continental crust: Constraints from zircon Hf-isotope data // Lithos. 2010. Vol. 119. P. 457–466.
14. Bingen B., Griffin W.L., Torsvik T.H., Saeed A. Timing of Late Neoproterozoic glaciation on Baltica constrained by detrital zircon geochronology in the Hedmark Group, Southeast Norway // Terra Nova. 2005. N 17. P. 250–258.
15. Blichert-Toft J., Albarede F. The Lu–Hf isotope geochemistry of chondrites and the evolution of the mantle-crust system // Earth and Planet. Sci. Lett. 1997. Vol. 148. P. 243–258.
16. Griffin W.L., Pearson N.J., Belousova E.A. et al. The Hf-isotope composition of cratonic-mantle: LAM-MC-ICPMS analysis of zircon megacrysts in kimberlites // Geochem. Cosmochim. Acta. 2000. N 64. P. 133–147.
17. Griffin W.L., Nikolic N., Suzanne Y. et al. Coupling, decoupling and metasomatism: Evolution of crust-mantle relationships beneath NW Spitsbergen // Lithos. 2012. Vol. 149. P. 115–135.
18. Honglin Yuan, Shan Gao, Xiaoming Liu et al. U–Pb Age and Trace Element Determinations of Zircon by Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry // Geostandards and Geoanalytical Res. 2004. N 28(3). P. 353–370.
19. Rino S., Komiya T., Windley B.F. et al. Major episodic increases in crustal growth determined from zircon ages of river sand; implications for mantle overturns in the Early Precambrian // Physics of The Earth and Planet. Interiors. 2004. N 146. P. 369–394.
20. Scherer E., Munker C., Mezger K. Calibration of the lutetium-hafnium clock // Science. 2001. Vol. 293. P. 683–687.
21. Safonova Inna, Maruyama Shige, Hirata Takafumi et al. LA ICP MS U–Pb ages of detrital zircons from Russia largest rivers: Implications for major orogenic events in Eurasia and global episodes of supercontinent formation // J. of Geodynamics. 2010. Vol. 50. P. 134–153. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264370710000670>
22. Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F. et al. Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses // Geostandards Newsletter. 1995. N 19. P. 1–23.
23. Wiedenbeck M., Hanchar J.M., Peck W.H. et al. Further characterisation of the 91500 zircon crystal // Geostandards and Geoanalytical Res. N 28. P. 9–39.

Капитонов Игорь Николаевич — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ, доц. каф. изотопной геологии, Ин-т наук о Земле СПбГУ. <Igor_Kapitonov@vsegei.ru>.

Петров Олег Владимирович — доктор геол.-минер. наук, докт. экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ. <vsdir@vsegei.ru>.

Шевченко Сергей Семенович — канд. геол.-минер. наук, зам. ген. директора, рук. лаб.-аналит. службы, ВСЕГЕИ. <Sergey_Shevchenko@vsegei.ru>.

Гольцин Николай Александрович — канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ. <a_goltisn@mail.ru>.

Беляцкий Борис Владимирович — инженер I кат., ЦИИ ВСЕГЕИ. <Boris_Belyatskiy@vsegei.ru>.

Прасолов Эдуард Михайлович — доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ, доц. каф. изотопной геологии, Ин-т наук о Земле СПбГУ. <Edward_Prasolov@vsegei.ru>.

Лохов Кирилл Игоревич — канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ, зав. каф. изотопной геологии, Ин-т наук о Земле СПбГУ. <Kirill_Lokkov@vsegei.ru>.

Родионов Николай Викторович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ. <Nickolay_Rodionov@vsegei.ru>.

Пресняков Сергей Леонидович — гл. инженер, ЦИИ ВСЕГЕИ. <Sergey_Presnyakov@vsegei.ru>.

Лепехина Елена Николаевна — науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ. <Elena_Lepekhhina@vsegei.ru>.

Бережная Наталья Георгиевна — канд. геол.-минер. наук, зав. сектором, ЦИИ ВСЕГЕИ. <Natalia_Berezhnaya@vsegei.ru>.

Балашова Юлия Сергеевна — вед. инженер, ЦИИ ВСЕГЕИ.

Антон Владимирович Антонов — науч. сотрудник, ЦИИ ВСЕГЕИ. <Anton_Antonov@vsegei.ru>.

Сергеев Сергей Андреевич — канд. геол.-минер. наук, директор, ЦИИ ВСЕГЕИ, доц. каф. изотопной геологии, Ин-т наук о Земле СПбГУ. <Sergey_Sergeev@vsegei.ru>.