

Кольский центр коллективного пользования (ЦКП) геохронологических и геохимических исследований: основные достижения

Баянова Т.Б., Кудряшов Н.М., Серов П.А., Стешенко Е.Н., Кунаккузин Е.Л., Каменский И.Л., Елизаров Д.В.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, tamara@geoksc.apatity.ru

Аннотация. Приведены новые U-Pb геохронологические возрастные данные для циркона из хадей-палеопротерозойских пород континентальной коры Центрально-Кольского мегаблока, а также для неoarхейских крупных месторождений золота зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья. Представлены новые U-Pb возрастные данные по бадделеиту из месторождений неoarхей-палеопротерозойского возраста: Кировогорского, Цагинского, Силлинъярви, а также Мончегорского, Федорово-Панского и Имандровского рудных районов. На океанической коре сформированы месторождения с U-Pb возрастными данными по бадделеиту палеопротерозоя: Падостунровское, Печенга и Колвицкое. Для палеозоя приведены U-Pb данные по бадделеиту крупнейших месторождений Ковдора, Себлявра и Вуориярви. Изотопно-геохимические величины – T_{DM} , ϵNd , I_{Sr} и He^3/He^4 измерены для пород и рудных минералов в интервале от 3.7 млрд. лет до 380 млн. лет. Приводится корреляция суперконтинентальных циклов, отражающая формирование месторождений в обширных изверженных провинциях (LIP) и распад суперконтинентов в истории развития Земли.

Ключевые слова: U-Pb, циркон, бадделеит, T_{DM} , ϵNd , I_{Sr} , рудные месторождения, He^3/He^4 .

Kola Collective Use Centre (Cuc) for geochronological and geochemical studies: main achievements

Bayanova T.B., Kudryashov N.M., Serov P.A., Steshenko E.N., Kunakkuzin E.L., Kamensky I.L., Elizarov D.V.

Geological institute KSC RAS, Apatity, tamara@geoksc.apatity.ru

Abstract. The paper provides new U-Pb geochronological data on zircon in Hadean-Paleoproterozoic rocks from the continental crust in the Central Kola megablock and major Neoproterozoic gold deposits in the Kolmozero-Voronya greenstone belt. The paper presents new U-Pb isotope data on baddeleyite from Neoproterozoic complex deposits, i.e. the Kirovogorskoye, Tsaga, Sillinjärvi deposits, as well as the Monchegorsk, Fedorovo-Pansky and Imandra ore areas. The Paleoproterozoic deposits of Pados Tundra, Pechenga and Kolvitsa formed on the oceanic crust. Their ages have been U-Pb-dated on baddeleyite. U-Pb isochrones on baddeleyite are provided for major Paleozoic deposits of Kovdor, Seblyavr and Vuorijärvi. Isotope-geochemical values of T_{DM} , ϵNd , I_{Sr} and He^3/He^4 have been estimated for rocks and ore elements in the time range of 3.7 Ga-380 Ma. The paper provides a correlation of supercontinental cycles, which reflects the genesis of complex deposits in large igneous provinces (LIPs) and a break-up of supercontinents during the Earth's evolution.

Key words: U-Pb, zircon, baddeleyite, T_{DM} , ϵNd , I_{Sr} , ore deposits, He^3/He^4 .

Кольский центр коллективного пользования (ЦКП) геохронологических и геохимических исследований был создан в 2000 году (приказ директора ГИ КНЦ РАН, академика РАН Митрофанова Ф.П.) на базе уникального семиканального масс-спектрометра Finnigan-MAT 262, оснащенного квадрупольной установкой RPQ (для измерений нано и пико концентраций радиоизотопов (U, Pb и др.). Кольский ЦКП включает в основном сепарационную группу для выделения акцессорных (циркон, рутил, титанит, монацит, бадделеит-впервые в России) для изотопного U-Pb датирования, породообразующих (оливин, ортопироксен, плагиоклаз и сульфидных ЭПГ содержащих минералов – впервые в России) для Sm-Nd, Rb-Sr и He^3/He^4 исследований. На балансе центра находятся 2 твердофазных (МИ-1201Т) и 2 газовых (МИ1201Г) масс-спектрометра украинского производства (г. Сумы) и 4 чистые комнаты – модули для U-Pb, Sm-Nd и Rb-Sr химических процедур для разложения первичных проб пород и минералов на изотопно-геохимические исследования с низкими (нано и пико) холостыми загрязнениями.

Главными достижениями Кольского ЦКП являются комплексные U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr, He³/He⁴ (REE, T_{DM}, εNd, I_{Sr}, и др.) изучения пород и месторождений стратегических полезных ископаемых (Cu-Ni, Cr-Ti-V, ЭПГ и др.), а также пород фундамента – континентальной и океанической коры, на которых формируются месторождения.

Древнейшие породы континентальной коры датированы U-Pb методом по циркону, выделенному из высокоглиноземистых гнейсов Центрально-Кольского мегаблока (рис. 1 а). Ядра циркона были изучены SHRIMP-II методом во ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) и отразили возраст в 3.7 млрд. лет (рис. 1 б), который является древнейшим в восточной части Фенноскандинавского щита и близким 3.73 млрд. лет (Nuhma et al., 2018) возрасту циркону из трондьемитов Сурия (Финляндия), датированному на масс-спектрометре NordSIM (Швеция).

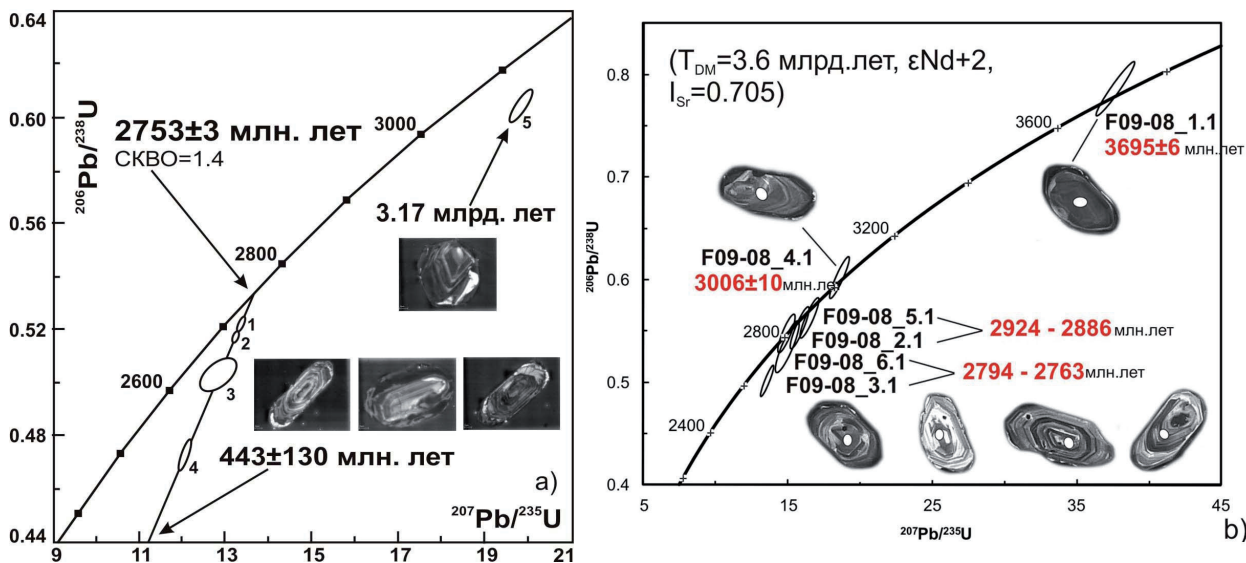


Рис. 1. Изотопная U-Pb диаграмма с конкордией для циркона из высокоглинозёмистых серых гнейсов Центрально-Кольского мегаблока (а), диаграмма SHRIMP-II данных для циркона Центрально-Кольского мегаблока (б).

Fig. 1. U-Pb isotope diagram with concordia for zircon from high-alumina gray gneisses of the Central Kola megablock (a), SHRIMP-II data diagram for zircon from the Central Kola megablock (b) (Bayanova et al., 2016).

На породах этой континентальной коры были образованы почти все неархейские месторождения: золоторудные Оленинское и Няльм 1 (рис. 2 а, б), железорудные (Оленегорское), Ti-Mag (Цагинское) и карбонатитовое Сиилиньярви, Финляндия (рис. 3 а, б, с). Можно отметить, что главные возрастные рубежи формирования были датированы U-Pb методом по бадделейту (рис. 4 а, б, с).

Месторождения стратегических полезных ископаемых Мончегорского, Федорово-Панского и Имандровского рудных районов также образованы на породах континентальной коры эоархей-палеоархейского возраста. Все главные фазы формирования месторождений были датированы U-Pb методом по бадделейту (рис. 4 а, б, с).

Можно отметить, что бадделейт (Bayanova, 2006; Corfu et al., 2011) является более надёжным геохронометром по сравнению с цирконом, поэтому главные Pt-Pd и Cu-Ni месторождения мира – Бушвельд (Mungall et al., 2016) и Стиллутотер (Wall et al., 2018) были датированы с использованием этого минерала.

Месторождения стратегических полезных ископаемых Cr, Cu-Ni и Pt-Pd Падостундровской, Печенгской и Кандакшско-Колвицкой зоны были сформированы на коре океанического типа (рис. 5 а, б, с), согласно геологическим (Минц и др., 2017) и изотопно-геохимическим данным.

Комплексные REE апатит-нефелиновые и другие месторождения палеозоя были сформированы на коре переходного типа: частично на океанической и частично на континентальной по данным Sm-Nd и Rb-Sr изотопных систем (рис. 6 а, б, с).

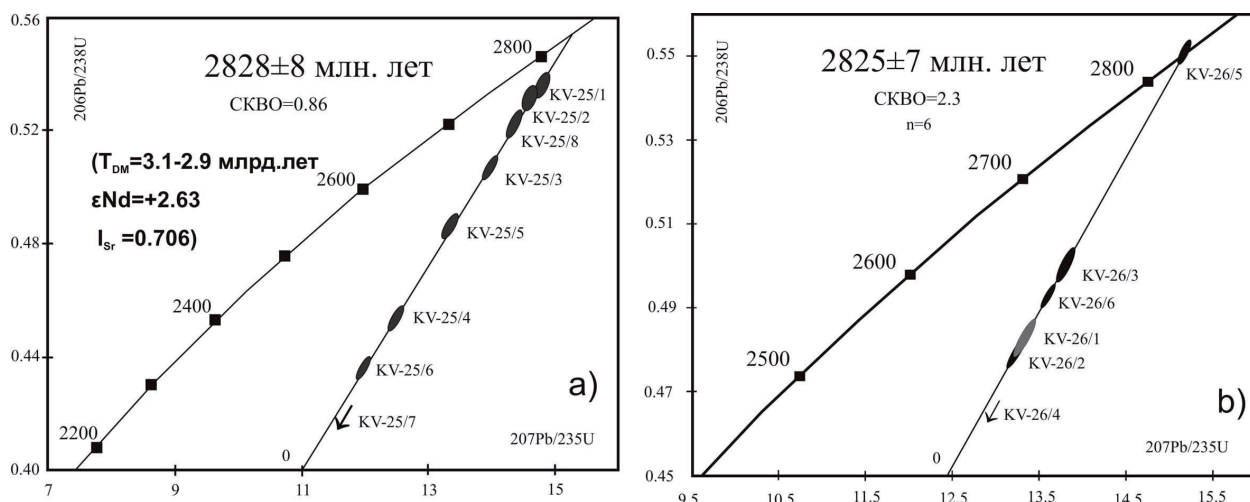


Рис. 2. Изотопные U-Pb диаграммы с конкордией для циркона из кварцевых порфиров рудопоявления Оленинское (а) и для гранодиорит-порфиров рудопоявления Няльм-1 (б) (Кудряшов и др., 2015).

Fig. 2. U-Pb isotope diagrams with concordia for zircons from the quartz porphyries of the Oleninskoe ore occurrence (a) and for granodiorite porphyries of the Nyalm-1 ore occurrence (b) (Kudryashov et al., 2015).

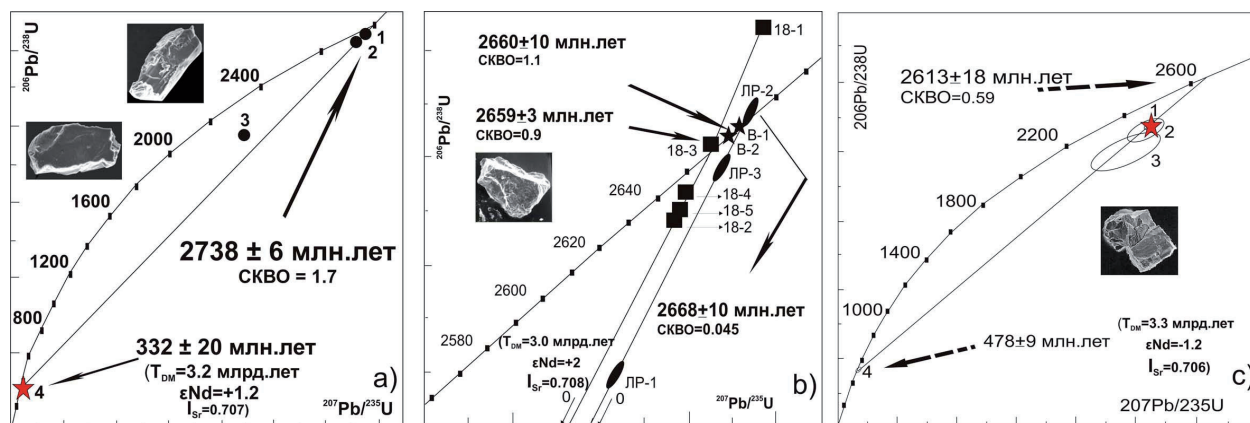


Рис. 3. U-Pb диаграммы для циркона и бадделейита из базитовой дайки Кировогорского месторождения (а); из пород Цагинского массива (б); из пород массива Силлиндъярви (с).

Fig. 3. U-Pb diagram for zircon and baddeleyite from the basic dyke of the Kirovogorsky deposit (a); from rocks of the Tsaginsky massif (b); from the rocks of the Sillinjärvi massif (c) (Bayanova, 2006).

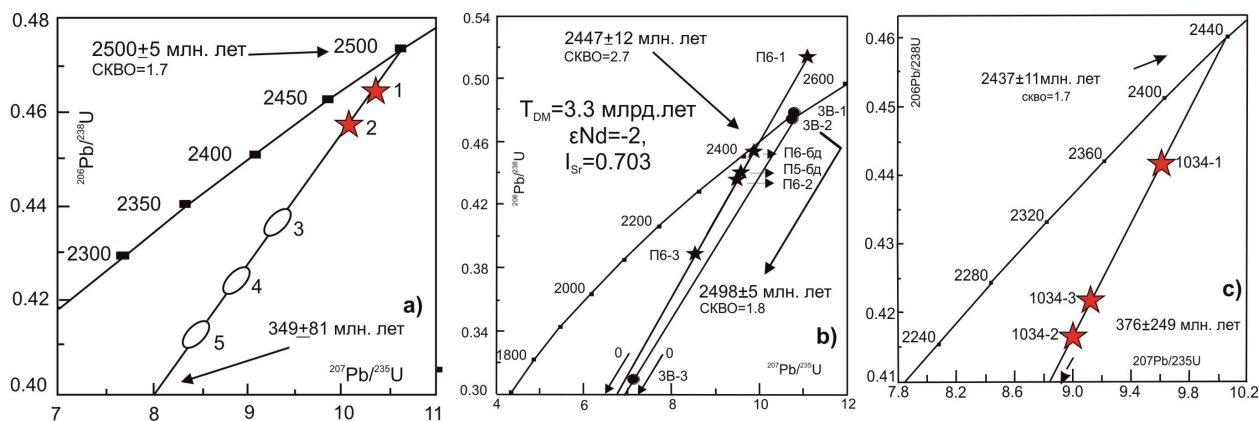


Рис. 4. Изотопные U-Pb диаграммы с конкордией для циркона и бадделейита из Cu-Ni- месторождения Нюд (а) Мончегорского плутона; Pt-Pd месторождений Фёдорово-Панского массива (б), Cr-Ti-V месторождений Иmandровского лополита (с) (Баянова, 2006).

Fig. 4. U-Pb isotope diagrams with concordia for zircon and baddeleyite from the Cu-Ni deposit Nud (a) of Monchegorsk pluton; Pt-Pd deposits of the Fedorovo-Pansky massif (b), Cr-Ti-V deposits of the Imandra lopolith (c) (Bayanova, 2006).

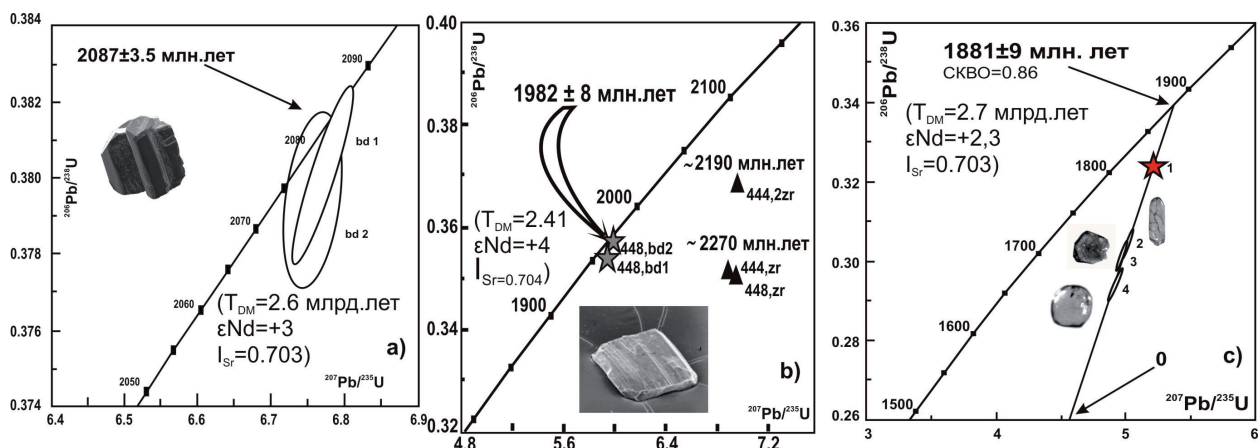


Рис. 5. Изотопные U-Pb диаграммы с конкордией по бадделейиту из метагаббро Cr Падостундровского месторождения (а), бадделейита и циркона из Cu-Ni месторождения Печенги (б), бадделейита и циркона из Ti-Mag Колвицкого месторождения (с).

Fig. 5. U-Pb isotope diagrams with concordia for baddeleyite metagabbro of the Cr Padostundra deposit (a); baddeleyite and zircon from the Cu-Ni Pechenga deposit (b), baddeleyite and zircon from the Ti-Mag Kolvitsa deposit (c).

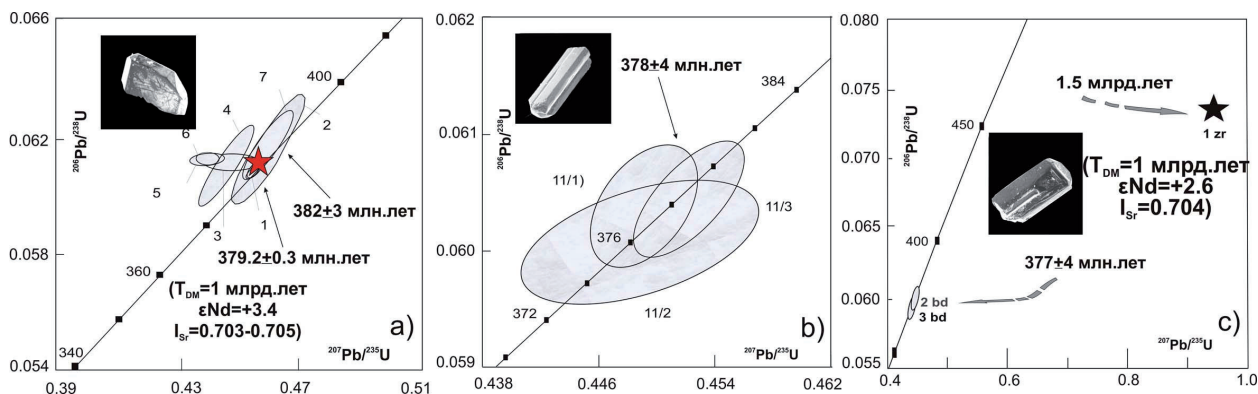


Рис. 6. Изотопные данные U-Pb для бадделейита из фоскоритовой руды, Ковдор (а), бадделейита из карбонатита Себляввра (б) и циркона (1) из пироксенита и бадделейита (2-3) из позднего карбонатита Вуориярви (с) (Баянова, 2006).

Fig. 6. Isotope U-Pb data on baddeleyite from foscorite ore, Kovdor (a), baddeleyite from carbonatite of Sebljavr (b) and zircon xenocryst (1) from pyroxenite and baddeleyite (2-3) from the late carbonatite of Vuorijarvi (c) (Bayanova, 2006).

Таким образом, можно отметить, что поскольку месторождения образуются в обширных мантийно-плюмовых изверженных провинциях (LIP) по данным (Arndt, 2013; Mitrofanov et al., 2013; Ernst, 2014, Yang et al., 2016 и др.), можно сделать предположение об их формировании в связи с распадом суперконтинентов в истории развития Земли.

Все исследования посвящены памяти выдающихся ученых мира – Д. Вассербурга (1927-2016 гг. США), Т. Кроу (1937-2008 гг. Канада), Ф.П. Митрофанова (1935-2014), Е.В. Бибиковой (1934-2016) и Н.П. Лаверу (1930-2016).

Научные исследования выполнены в рамках темы НИР ГИ КНЦ РАН № 0226-2019-0053, проектов РФФИ 18-35-00246, 18-35-00152, 18-05-70082 и программы Президиума РАН 1.48.

Литература

1. Кудряшов Н.М., Калинин А.А., Лялина Л.М., Серов П.А., Елизаров Д.В. Геохронологические и изотопно-геохимические характеристики пород, вмещающих рудопоявления золота архейского зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья (Кольский регион) // Литосфера. 2015. № 6. С. 83–100.
2. Минц М.В., Соколова Е.Ю., Глазнев В.Н., рабочая группа ЛАДОГА. Объемная модель глубинного строения Свеккофеннского аккреционного орогена (Финляндия, Россия): синтез данных геологического карти-

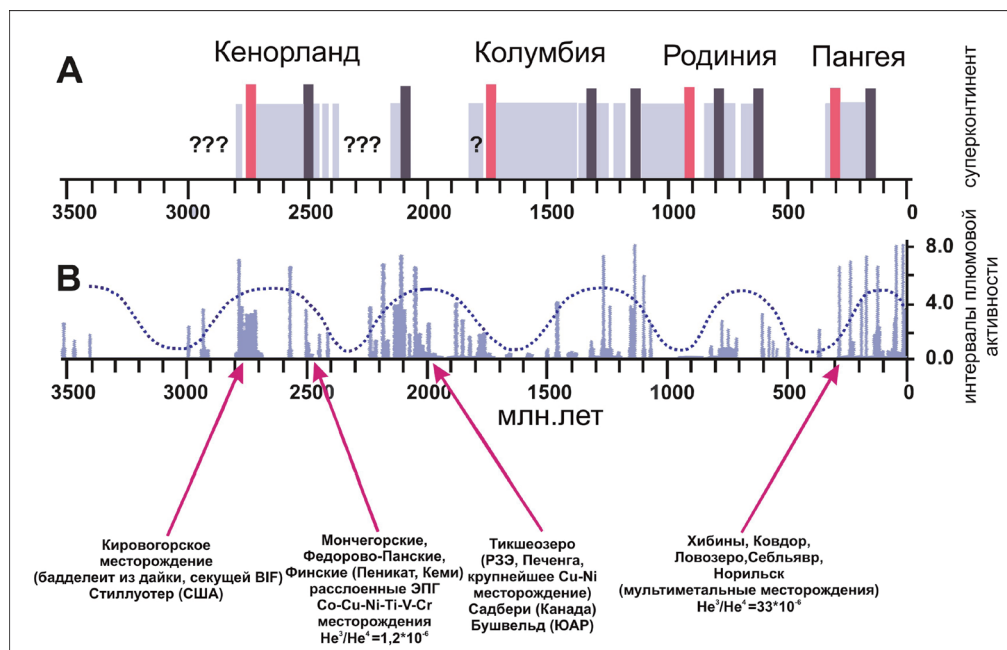


Рис 7 Корреляция (Lubnina, 2009) суперконтинентальных циклов (А) с периодом 750-900 млн и активности мантийных плюмов (В).

Fig. 7 Correlation (Lubnina, 2009) of supercontinental cycles (A) with a period of 750-900 Ma and activity of mantle plumes (B).

рования, сейсмопрофилирования, магнитотеллурики и Материалы научной конференции и путеводитель научных экскурсий. Геодинамика раннего докембрия: сходства и различия с фанерозоем. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С. 179–184.

3. Arndt N. The Lithospheric Mantle Plays No Active Role in the Formation of Orthomagmatic Ore Deposits // *Economic Geology*. 2013. V. 108. P. 1953–1970.
4. Bayanova T.B. Baddeleyite: A Promising Geochronometer for Alkaline and Basic Magmatism // *Petrology*, 2006. V. 14. N. 2. P. 187–200.
5. Bayanova T.B., Kunakkuzin E.L., Serov P.A., Fedotov D.A., Borisenko E.S., Elizarov D.V. and Larionov A.V. Precise U-Pb (ID-TIMS) and SHRIMP-II ages on single zircon and Nd-Sr signatures from Achaean TTG and high aluminum gneisses on the Fennoscandian Shield / 32nd Nordic Geological Winter Meeting, Helsinki, Finland, 13-15 January 2016. Abs. Spec. V. P. 172.
6. Corfu F., Bayanova T., Shchiptsov V., Frantz N. A U-Pb ID-TIMS age of the Tiksheozero carbonatite: expression of 2.0 Ga alkaline magmatism in Karelia, Russia // *Central European Journal of Geosciences*, 2011. P. 302–308.
7. Ernst, R. E. *Large Igneous Provinces*. Cambridge University Press, Cambridge, 2014. P. 666.
8. Huhma H., Hanski E., Kontinen A., Vuollo J., Mänttari I., Lahaye Y. Sm-Nd and U-Pb isotope geochemistry of the Palaeoproterozoic mafic magmatism in eastern and northern Finland // *Bulletin 405 Monograph*. 2018.
9. Lubnina N.V. East-European craton from neorhaean to paleozoic time based on paleomagnetic data // Manuscript of doctoral dissertation. Moscow: MSU, 2009. 40 p.
10. Mitrofanov F.P., Bayanova T.B., Korchagin A.Y. et al. East Scandinavian and Noril'sk Plume Mafic Large Igneous Provinces of Pd-Pt Ores: Geological and Metallogenic Comparison // *Geology of Ore Deposits*, 2013. V. 55. N. 5. P. 305–319.
11. Mungall J.E., Kamo S.L., McQuade S. U-Pb geochronology documents out-of-sequence emplacement of ultramafic layers in the Bushveld Igneous Complex of South Africa // *NATURE COMMUNICATIONS*. 2016. 7:13385. DOI: 10.1038/ncomms1338.
12. Wall C.J., Scoates J.S., Weis D., Friedman R.M., Amini M., Meurer W.P. The Stillwater Complex: Integrating Zircon Geochronological and Geochemical Constraints on the Age, Emplacement History and Crystallization of a Large, Open-System Layered Intrusion // *Journal of Petrology*. 2018. V. 59. N. 1. P. 153–190. doi: 10.1093/petrology/egy024.
13. Yang S-H., Hanski E., Li C., Maier W. D., Huhma H., Mokrushin A. V., Latypov R., Lahaye Y., O'Brien H., Qu W-J. Mantle source of the 2.44-2.50 Ga mantle plume-related magmatism in the Fennoscandian Shield: evidence from Os, Nd and Sr isotope compositions of the Monchepluton and Kemi intrusions // *Mineralium Deposita*, 2016. V. 51. P. 1055–1073.