

УДК 550.93/552.323.6

U–Pb (ID-TIMS)-ВОЗРАСТ ПЕРОВСКИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБКИ МАНЧАРЫ (ХОМПУ-МАЙСКОЕ КИМБЕРЛИТОВОЕ ПОЛЕ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

© 2024 г. О. Б. Олейников¹, М. В. Стифеева^{2,*}, Н. А. Опарин¹,
член-корреспондент РАН А. Б. Котов², Е. Б. Сальникова², М. Г. Ощепкова¹

Поступило 08.02.2024 г.

После доработки 16.04.2024 г.

Принято к публикации 22.04.2024 г.

Представлены результаты U–Pb (ID-TIMS)-геохронологических исследований перовскита из кимберлитовых пород трубки Манчары (Хомпу-Майское кимберлитовое поле, Центральная Якутия). Полученная U–Pb-оценка возраста (472 ± 1 млн лет) указывает на раннепалеозойский возраст образования кимберлитов Хомпу-Майского поля и позволяет выделить в составе Алданской антеклизы новую Алданскую кимберлитовую субпровинцию.

Ключевые слова: Хомпу-Майское кимберлитовое поле, U–Pb (ID-TIMS), Якутская кимберлитовая провинция, Алданская антеклиза, перовскит, раннепалеозойский кимберлитовый магматизм

DOI: 10.31857/S2686739724080018

Хомпу-Майское поле (Центральная Якутия), расположенное в пределах северного склона Алданской антеклизы, является единственным кимберлитовым полем на юго-восточной окраине Сибирского кратона (рис. 1). Пространственно оно занимает обособленную позицию относительно Якутской кимберлитовой провинции (ЯКП), и, предположительно, приурочено к Учурскому террейну фундамента Сибирской платформы (рис. 1) [1, 2]. Данные о возрасте образования трубок Хомпу-Майского поля неоднозначны [3, 4]. Полученные ранее результаты Rb–Sr-геохронологических исследований основной “массы” кимберлитов позволяют предполагать, что кимберлиты трубки Манчары (358 ± 42 млн лет) [3] могут относиться к алмазносреднепалеозойской эпохе кимберлитовобразования. В то же время результаты U–Th–Pb (LA-ICP-MS)-геохронологических исследований перовскита и апатита из основной массы “вулканокластических лапиллей” кимберлитов трубки Атырдах и трубки им. А.П. Смелова (Хомпу-Майское поле), указывают на более ранний среднепалеозойский возраст ($425–431$ млн лет)

их образования [4]. Таким образом, неопределённость оценок возраста потребовала проведения дополнительных геохронологических исследований. В настоящей работе приводятся результаты U–Pb (ID-TIMS)-исследований перовскита из основной массы кимберлитовых пород трубки Манчары.

Хомпу-Майское кимберлитовое поле объединяет восемь кимберлитовых трубок (рис. 1). Наиболее крупной и хорошо изученной является трубка Манчары. Она прорывает карбонатные породы среднего кембрия и перекрыта юрскими терригенными толщами, мощность которых достигает 100 м. Кимберлитовая диатрема вскрыта скважинами на глубину до 287 м. В плане трубка имеет форму овала размером 250×300 м.

Кимберлитовая трубка Манчары [5] сложена в различной степени карбонатизированными и серпентинизированными порфиоровыми кимберлитами, между которыми существуют постепенные переходы. Количество ксенолитов осадочных пород не превышает 10%. Верхняя часть диатремы выполнена неравномерно карбонатизированными кимберлитовыми породами. Там, где карбонатизация проявлена наиболее интенсивно, порода теряет свои первичные текстурно-структурные признаки. Ниже залегают наименее измененные вторичными процессами породы с серпентин-флогопит-карбонатным мезостазиом и порфиоровой структурой,

¹Институт геологии алмаза и благородных металлов
Сибирского отделения Российской Академии наук, Якутск,
Россия

²Институт геологии и геохронологии докембрия Российской
Академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: stifeeva.maria@yandex.ru

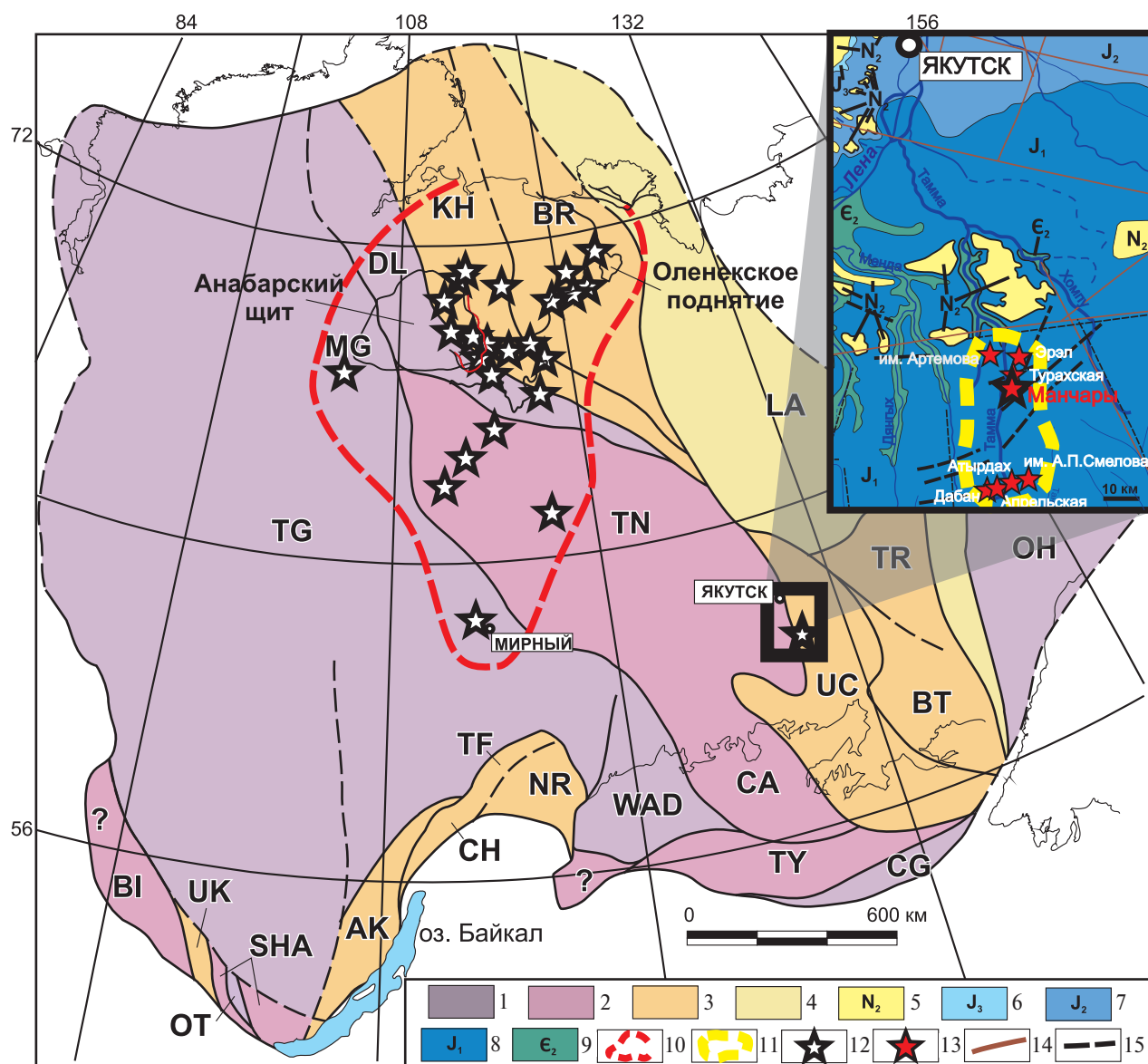


Рис. 1. Положение Хомпу-Майского кимберлитового поля и Якутской кимберлитовой провинции (по работе [2]): 1 – архей; 2 – архей и палеопротерозой нерасчленённые; 3 – палеопротерозой; 4 – мезопротерозой; 5 – верхний неоген; 6 – верхняя юра; 7 – средняя юра; 8 – нижняя юра; 9 – средний кембрий; 10 – Якутская кимберлитовая провинция; 11 – Хомпу-Майское поле; 12 – кимберлитовые поля; 13 – кимберлитовые трубки; 14 – линейные элементы предположительно разломной природы; 15 – разломы неустановленной морфологии. Докембрийские террейны: Западно-Алданский (WAD), Центально-Алданский (CA), Учурский (UC), Батомгский (BT), Чогарский (CG), Тындинский (TY), Далдынский (DL), Хапчанский (KH), Маганский (MG), Ачитканский (AK), Чуйский (CH), Нечерский (NR), Тонодский (TF), Шарыжалгайский (SHA), Онотский (OT), Охотский (OH), Урикско-Лийский (UK), Бирюсинский (BL), Тунгусский (TG), Тюнгский (TN), Биректинский (BR), Тыринский (TR), Лено-Алданский (LA).

обусловленной присутствием псевдоморфоз серпентина по оливину и единичных макро-, мегакристаллов пикроильменита, граната и флогопита.

Для проведения U–Pb (ID-TIMS)-геохронологических исследований использован перовскит. Перовскит является распространённым

первичным породообразующим минералом мезостазиса кимберлитовых пород и надёжным минералом-геохронометром для определения возраста кристаллизации кимберлитовых тел [6]. Минерал был выделен из образца массивного порфирового кимберлита, отобранного с глубины 96 м от поверхности диатремы. В образце мелкозернистый мезостазис кимберлита

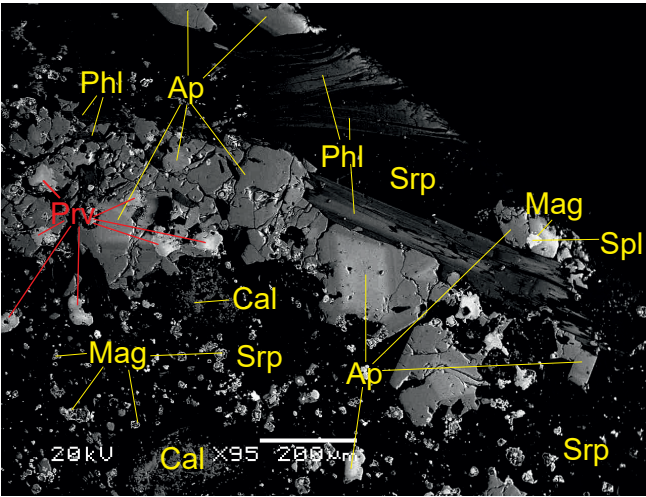


Рис. 2. BSE-изображение основной массы порфирового кимберлита трубки Манчары, глубина 96 м. Минералы: Ap – апатит, Spl – минералы группы шпинели, Mag – магнетит, Prv – перовскит, Cal – кальцит, Srp – серпентин, Phl – флогопит.

выполнен преимущественно серпентином, ксеноморфными выделениями карбоната, редкими зёрнами апатита и пластинками слюды ряда флогопит-киноситалит (рис. 2). Рудные минералы основной массы представлены магнетитом, минералами группы шпинели, пикроильменитом и перовскитом. Перовскит образует ксеноморфные и субидiomорфные зёрна. В единичных случаях хорошо кристаллографически оформленные зёрна перовскита размером до 10 мкм встречаются в виде включений в кристаллах апатита. Кроме того, перовскит (самостоятельно, либо в сростаниях с магнетитом) часто наблюдается в составе “микронных” реакционных кайм вокруг мега-, макрокристаллов пикроильменита и макрокристаллов хромшпинелидов. Размер отдельных кристаллов перовскита не превышает 100 мкм. Они имеют характерную кубическую форму и нередко образуют сростки с минералами группы шпинели (до 5 мкм).

U–Pb (ID TIMS)-геохронологические исследования перовскита выполнены в ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург). Процедура предварительной обработки перовскита включала: ультразвуковую чистку в слабом растворе HCl и последующую кислотную обработку в 6–8 N HCl. Разложение перовскита и химическое выделение U и Pb осуществлялось в соответствии с модифицированными методиками, описанными в работе [7]. Определение изотопного состава Pb и U выполнено на многоколлекторном масс-спектрометре Triton TI в статическом или динамическом режимах (при помощи счётчика

Таблица 1. Результаты U–Pb-геохронологических исследований перовскита основной массы кимберлитов трубки Манчары

Номер п/п	Навеска, мг	Pb, мкг/г	U, мкг/г	Pbc/Pbt	Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет		
					²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^a	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	0.30	9.25	33.38	0.21	78.4	0.0565±1	2.2692±1	0.5928±59	0.46	473±5	473±2	473±20
2	0.23	13.03	45.48	0.21	77.9	0.0564±1	2.4163±1	0.58970±55	0.47	471±4	471±2	467±18
3	0.20	15.37	51.02	0.24	75.6	0.0566±1	2.4267±1	0.5930±46	0.46	473±4	472±1	476±16

Примечания: а изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный Pb; Rho – коэффициент корреляции ошибок ²⁰⁷Pb/²³⁵U – ²⁰⁶Pb/²³⁸U; Pbc – обычный Pb; Pbt – общий Pb. Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам после запятой.

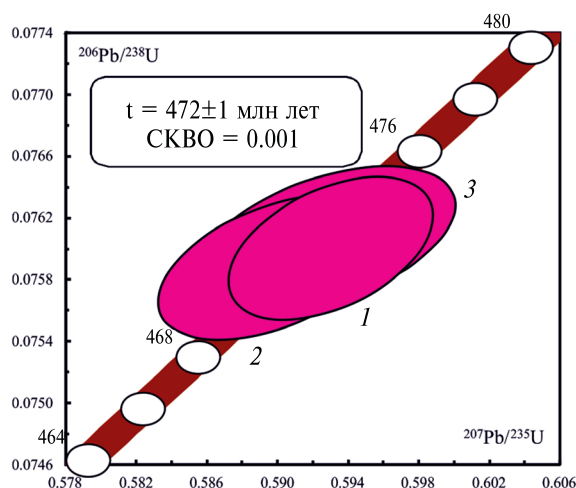


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для перовскита из кимберлитов трубки Манчары (Хомпу-Майское кимберлитовое поле). Номера точек соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

ионов). Использовался изотопный индикатор ^{235}U — ^{202}Pb . Точность определения U/Pb-отношений и содержаний U и Pb составила 0.5%. Холостое загрязнение не превышало 10 пг для Pb и 1 пг для U. Обработка полученных в ходе экспериментов данных осуществлялась в программах “PbDat” [8] и “ISOPLOT” [9]. При расчёте возраста использованы общепринятые значения констант распада урана [10]. Поправки на обычный Pb введены в соответствии с модельными величинами [11]. Все ошибки приведены на уровне 2s.

Для U-Pb (ID-TIMS)-геохронологических исследований использованы три микронавески перовскита (табл. 1). Содержание урана в изученном перовските варьирует в пределах 33.38–51.02 мкг/г, доля обыкновенного свинца (Pbc/Pbt) не превышает 0.24 (табл. 1). Для перовскита из кимберлитов трубки Манчары получена конкордантная оценка возраст 472 ± 1 млн лет (СКВО = 0.001) (рис. 3).

Трубки Хомпу-Майского поля по петрографическому и химическому составу сложены кимберлитами [5, 12], что является доказательством существования кимберлитового магматизма на территории Алданской антеклизы. Ранее на территории Алданского щита выделялась Алданская кимберлитовая провинция докембрийского возраста [13], объединяющая Чомполинское, Тобук-Хатыстырское, Арбарастахское и Ингилийское поля, однако породы этих полей позднее были отнесены к лампроитам, миннетам [14, 15]. Результаты проведённых исследований указывают

на раннепалеозойский возраст образования трубки Манчары Хомпу-Майского поля, что согласуется с существованием на данной территории перерыва в осадконакоплении — “палеотектонической ниши”, соответствующей этапу длительного или контрастного воздымания больших частей Сибирской платформы [16]. В связи с открытием в пределах Алданской антеклизы Хомпу-Майского кимберлитового поля раннепалеозойского возраста, предлагается выделить в данном районе Алданскую субпровинцию, входящую в состав ЯКП. Основанием для выделения новой субпровинции является раннепалеозойский возраст и территориальная отдалённость поля от кимберлитоконтролирующих зон, в пределах которых расположены известные поля ЯКП [16]. Следует отметить, что эпоха кимберлитобразования такого возраста не отмечалась ранее в пределах ЯКП, что увеличивает перспективы обнаружения кимберлитовых трубок на новой территории, в том числе и алмазоносных, так как все известные коренные месторождения алмаза на Сибирской платформе не моложе среднепалеозойского возраста [17].

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в рамках плановой темы ИГГД РАН (№ FMUW-2022-0003) и рамках государственного задания ИГАБМ СО РАН (проект FUFU-2024-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смелов А. П., Белоусова Е. А., Зайцев А. И., Олейников О. Б., Павлушин А. Д., Опарин Н. А. Первые данные о составе и возрасте погребенного фундамента Алданской антеклизы (Сибирская платформа): результаты датирования ксеногенного циркона из кимберлитов трубки Манчары // Отечественная геология. 2013. № 5. С. 68–72.
2. Smelov A. P., Timofeev V. F. The age of the North Asian Cratonic basement: an overview // Gondwana Research. 2007. V. 12. P. 279–288.
3. Зайцев А. И., Смелов А. П., Алтухова З. А. Первые данные по изотопному составу стронция и возрасту кимберлитов трубки Манчары (Центральная Якутия) // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 51–59.
4. Махоткин И. Л., Бекренев К. А., Кочнев В. Э., Хачатрян Г. К., Каменецкий В. С. Палеозойские Mg-Ti кимберлиты и Mg карбонаты Менда-Барылайского алмазоносного района Южной Якутии — новый петрологический ключ к пониманию формирования Якутской алмазоносной провинции /

- Материалы XIII Всероссийского петрографического совещания. 2021. Т. 2. С. 148–151.
5. *Смелов А. П., Андреев А. П., Алтухова З. А., Бабушкина С. А., Бекренев К. А., Зайцев А. И., Избеков Э. Д., Королева О. В., Мишин В. М., Окургин А. В., Олейников О. Б., Сурнин А. А.* Кимберлиты трубки Манчары: новое кимберлитовое поле Центральной Якутии // *Геология и геофизика*. 2010. Т. 51. № 1. С. 153–159.
 6. *Лепехина Е. Н., Ротман А. Я., Антонов А. В., Сергеев С. А.* SIMS SHRIMP U–Pb датирование перовскитов из кимберлитов Верхнемунского поля Сибирской платформы / *Геохимия магматических пород: Мат. Всеросс. семинара*. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. С. 92–94.
 7. *Стифеева М. В., Сальникова Е. Б., Арзамасцев А. А., Котов А. Б., Гроздев В. Ю.* Кальциевые гранаты как источник информации о возрасте щелочно-ультраосновных интрузий Кольской магматической провинции // *Петрология*. 2020. Т. 28. № 1. С. 72–84.
 8. *Ludwig K. R.* PbDat for MS-DOS, version 1.21 U.S. Geological Survey Open-File Report 88-542. 1991. 35 p.
 9. *Ludwig K. R.* Isoplot 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // *Berkeley Geochronology Center Special Publications*. 2003. V. 4. 70 p.
 10. *Steiger R. H., Jäger E.* Subcommission on geochronology: 865 convention of the use of decay constants in geo- and cosmochemistry // *Earth and Planetary Science Letters*. 1977. V. 36. P. 359–362.
 11. *Stacey J. S., Kramers J. D.* Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // *Earth and Planetary Science Letters*. 1975. V. 26. P. 207–221.
 12. *Опарин Н. А., Олейников О. Б.* Геологическое строение и вещественный состав кимберлитовых трубок Хомпу-Майского поля (Центральная Якутия) // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2022. Т. 27. № 4. С. 486–498.
 13. *Каминский Ф. В., Потапов С. В.* Новая кимберлитовая провинция докембрийского возраста на восточной окраине Алданского щита / *Геология и условия образования алмазных месторождений: Труды II Всесоюзного совещания по геологии алмазных месторождений*. 1970. С. 128–133.
 14. *Богатилов О. А., Рябчиков И. Д., Кононова В. А., Махоткин И. Л., Новгородова М. И., Соловова И. П., Галускин Е. В., Ганеев И. И., Гирнис А. В., Еремеев Н. В., Когарко Л. Н., Кудрявцева Г. П., Михайличенко О. А., Наумов В. Б., Сапожникова Е. Н.* Лампроиты. М.: Наука, 1991. 302 с.
 15. *Корнилова В. П.* Петрография и минералогия известково-щелочных лампрофиров и эруптивных брекчий бассейна р. Чомполо // *Отечественная геология*. 1997. № 9. С. 6–9.
 16. *Брахфогель Ф. Ф.* Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 128 с.
 17. *Зайцев А. И., Смелов А. П.* Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции. Якутск: Офсет, 2010. 108 с.

U–Pb (ID-TIMS) AGE OF PEROVSKITE FROM KIMBERLITES OF THE MANCHARY PIPE (KHOMPU-MAYSKY KIMBERLITE FIELD, CENTRAL YAKUTIA)

**O. B. Oleinikov^a, M. V. Stifeeva^{b, #}, N. A. Oparin^a,
Corresponding Member of the RAS A. B. Kotov^b, E. B. Salnikova^b,
M. G. Oshchepkova^a**

^a*Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation*

^b*Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences, Saint-Peterburg, Russian Federation*
[#]*E-mail: stifeeva.maria@yandex.ru*

The results of U–Pb (ID-TIMS) geochronological studies of perovskite from kimberlite rocks of the Manchary pipe (Khompu-Mai kimberlite field, Central Yakutia) are presented. The U–Pb age estimate (472±1 Ma) indicates the Early Paleozoic age of formation of the Khompu-Mai field kimberlites and allows us to identify a new Aldan kimberlite subprovince within the Aldan antecline.

Keywords: Khompu-Mai kimberlite field, U–Pb (ID-TIMS), Yakut kimberlite province, Aldan antecline, perovskite, Early Paleozoic kimberlite magmatism