

УДК 551.241: 550.93

## ДРЕВНЕЙШИЕ КРИСТАЛЛЫ АЛМАЗА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В. П. Афанасьев\*, академик РАН Н. П. Похиленко,  
Е. О. Егорова, Е. С. Линденблот

Поступило 07.10.2019 г.

По результатам исследования зёрен алмаза из россыпей северо-востока Сибирской платформы показана возможность происхождения некоторых типов алмазов (округлых додекаэдровидов, алмазов II, V–VII разновидностей по классификации Ю.Л. Орлова) из докембрийских источников. “Древние” алмазы также не одинаковы по седиментологической истории: алмазы V–VII разновидностей, несмотря на максимальную абразивную устойчивость, имеют максимальную степень окатанности, т.е. седиментологическая история этих алмазов наиболее длинная, соответственно их коренные источники с большой вероятностью являются наиболее древними.

*Ключевые слова:* алмаз, докембрий, седиментология, механический износ алмаза.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-56524896611-615>

### ВВЕДЕНИЕ

Россыпи алмаза северо-востока Сибирской платформы отличаются максимальным разнообразием морфологических типов кристаллов алмаза, которое существенно выходит за рамки их разнообразия из фанерозойских кимберлитов платформы. При этом известные здесь кимберлитовые тела преимущественно мезозойского возраста неалмазоносны или убого алмазоносны и не могут определять высокую россыпную алмазоносность региона. К тому же кристаллы алмаза в этих россыпях по ряду типоморфных особенностей не соответствуют алмазу не только из известных в регионе кимберлитов, но и алмазу из кимберлитов вообще. Это противоречие даёт основание предполагать здесь иные, некимберлитовые типы источников россыпей алмаза. По результатам изучения алмаза из россыпей и общей геологической ситуации на северо-востоке Сибирской платформы предполагается существование докембрийских коренных источников этого минерала [4–7, 10]. На северо-востоке платформы такие источники пока не найдены, однако на её южном обрамлении на Восточном Саяне имеется Ингашинское поле алмазоносных лампроитов рифейского возраста. В свою очередь, потенциально “древние” кристаллы алмаза также различаются между собой как по типам коренных источников, так и по своим экзогенным изменениям, свидетельствующим о раз-

личной их истории после высвобождения из коренных источников. В данной работе по результатам изучения потенциально докембрийских кристаллов алмаза [5] выделены кристаллы из наиболее древних коренных источников, имеющие наиболее длинную седиментологическую историю.

### МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили кристаллы алмаза из промышленной россыпи северо-востока Сибирской платформы по ручью Моргогор (приток р. Эбелях), предоставленные АО «Алмазы Анабара». Средний вес изученных кристаллов составляет около 1 карата. Все они получены из руслового аллювия.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Алмаз исследован комплексом методов, однако в рамках данной работы использованы главным образом морфологические исследования, отражающие разновидности алмаза по классификации Ю.Л. Орлова и признаки механического износа кристаллов. Использована оптическая и сканирующая электронная микроскопия.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С позиции полигенности алмаза из россыпей северо-востока платформы и полихронности их коренных источников мы выделяем среди россыпных алмазов Сибирской платформы пять типов [5]: 1) кимберлитовый тип, 2) алмаз из неизвестного

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Новосибирск*

\*E-mail: [avp-diamond@mail.ru](mailto:avp-diamond@mail.ru)

типа источников, предположительно лампроитов (округлые додекаэдровиды), 3) кубовиды II-разновидности по классификации Ю.Л. Орлова [11] из неизвестного типа источников, 4) кристаллы алмаза V–VII-разновидности [11] из неизвестного типа источников, 5) алмаз XI-разновидности (якутиты) [11] из Попигайской астроблемы.

Следовательно, для трёх групп алмаза из россыпей северо-востока Сибирской платформы предполагаются неизвестные типы коренных источников. Ориентируясь на “признаки древности”, обоснованные в [10] и доработанные нами [5], мы определяем возраст этих источников как докембрийский. Это предположение основывается: на 1) несопоставимости алмаза этих групп с популяциями алмаза из фанерозойских кимберлитов, притом что иных фанерозойских источников алмаза за 70 лет интенсивных поисков в пределах Сибирской платформы не было найдено; 2) эти россыпи алмаза появляются в сфере седиментогенеза только с мезозоя (карнийский ярус верхнего триаса), тогда как широко распространённые верхнепалеозойские, а также нижнекарбонные отложения стерильны в их отношении. При этом именно с начала мезозоя начали активно воздыматься Анабарская антеклиза, Оленекское и Уджинское поднятия, на которых обнажились и стали размываться докембрийские отложения — потенциальные коллекторы древних россыпей алмаза, благодаря чему наблюдается отчётливое тяготение подобных скоплений к выступам докембрия [3, 4]; 3) повышенная степень механического износа кристаллов алмаза этих групп, не-

сопоставимая с условиями фанерозойского, тем более мезозойского седиментогенеза (табл. 1) [4–6]. Важным фактором является также и то, что максимальное разнообразие экзотических типов коренных источников алмаза характерно для докембрия, тогда как в фанерозое на всех древних платформах коренными источниками алмаза остались преимущественно кимберлиты.

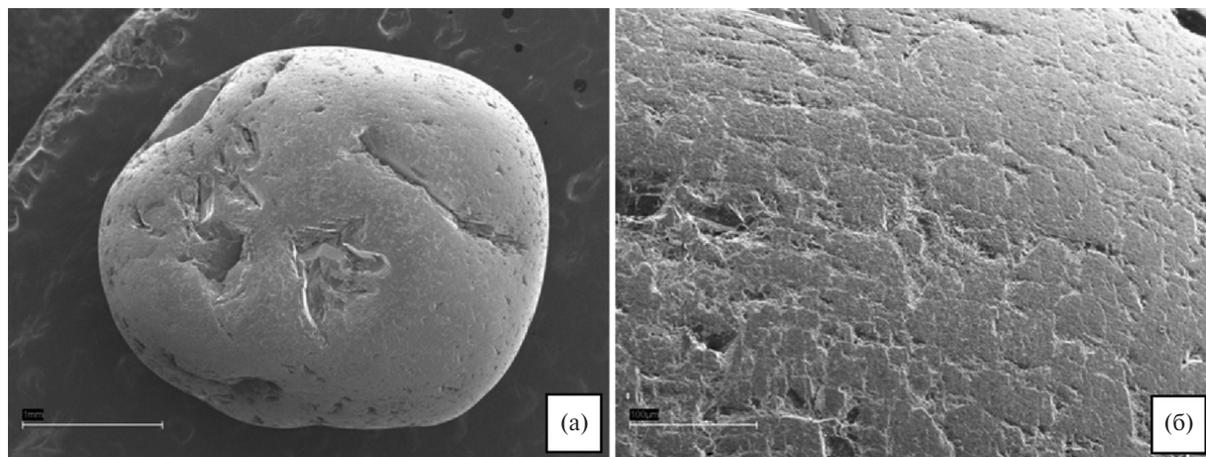
Из перечисленных “признаков древности” в рамках данной работы остановимся на механическом износе кристаллов алмаза. Механический износ изучен нами как в естественных его проявлениях, так и экспериментально [12].

Изучение степени и форм износа на кристаллах алмаза указанных выше типов показывает следующее. 1. На алмазе из россыпей, сформированных за счёт фанерозойских источников (россыпи прибрежно-морского генезиса, связанные со среднепалеозойскими кимберлитами), степень износа не превышает слабую; это преимущественно леденцовая скульптура и выкрашивание острых рёбер сколов и вершин. В этих россыпях присутствуют окатанные до шариков зёрна пиропы, тогда как зёрна пикроильменита уничтожены истиранием полностью. 2. Округлые додекаэдровиды, кристаллы алмаза II- и V–VII-разновидностей имеют весьма широкий диапазон степени износа — от слабой, практически не фиксируемой визуально до высокой, а алмазы V–VII-разновидности могут быть овализованы полностью. При этом из табл. 1 отчётливо видно, что наибольшее количество окатанных кристаллов алмаза приурочено к Анабарской антеклизе (Эбелях-

**Таблица 1.** Распространённость алмазов основных разновидностей по классификации Ю.Л. Орлова в россыпях северо-востока Сибирской платформы (по [9] с нашими дополнениями)

Площадь россыпной алмазоносности	Разновидность алмазов			
	I(о-р)	I(р)	II	V–VII
1. Эбеляхская	10/3	30/30	5/12	55/33
2. Куонамская	25/10	55/25	10/26	10/30
3. Силигиркянская	11/–	28/20	50/44	11/50
4. Сопкинская	25/–	64/–	3/25	8/25
5. Муно-Моторчунская	22/–	63/3	4/25	11/33
6. Хахчанская	22/2	68/3	4/12	6/8
7. Молодо-Далдынская	42/2	46/2	4/–	8/2
8. Беенчима-Куойкская	21/2	47/3	2/–	30/4
9. Нижне-Ленская	12/–	38/–	1/–	49/–
10. Келимярская	25/–	35/–	5/7	35/4

Примечание: I(о-р) — I-разновидность (ламинарные кристаллы ряда октаэдр—ромбододекаэдровид), близкие по своим особенностям к алмазам известных кимберлитовых тел; I(р) — I-разновидность (округлые скрытоламинарные додекаэдровиды “уральского” или “бразильского” типов, практически отсутствующие в известных кимберлитовых телах); II — жёлто-оранжевые кубовиды; V+VII — комбинированные многогранники ряда октаэдр—ромбододекаэдр V-разновидности и поликристаллические сростки VII-разновидности. В числителе — доля (%) кристаллов данной разновидности в общем комплексе алмазов, в знаменателе — доля (%) окатанных кристаллов от общего числа алмазов данной разновидности.



**Рис. 1.** Особенности механического износа алмазов V–VII-разновидности из россыпей северо-востока Сибирской платформы. а — общий вид окатанного кристалла; б — детали механогенного рельефа.

ская, Куонамская, Силигиркянская площади), тогда как на восточных площадях в районе Оленёкского поднятия, погребённого Нижнеленского выступа (Муно-Моторчунская, Хахчанская, Молодо-Далдынская, Беенчиме-Куойкская, Нижне-Ленская, Келимярская), их доля значительно меньше.

Все три группы потенциально докембрийских кристаллов алмаза присутствуют в россыпи р. Эбелях, и в ней они доминируют. Несколько севернее, в россыпи р. Маят, они также имеются, но преимущественно в крупных гранулометрических классах. До половины россыпного алмаза здесь связано со среднепалеозойскими кимберлитами (кимберлитовый тип алмаза); они сопровождаются индикаторными минералами кимберлитов (пироп, пикроильменит с признаками гипергенной коррозии, указывающей на среднепалеозойский возраст кимберлитов [8]); в бассейне р. Маят кимберлитовые зёрна алмаза практически не несут признаков механического износа.

Таким образом, механический износ наиболее заметен на кристаллах алмаза экзотических типов из потенциально докембрийских коренных источников. Но и среди них степень износа различается. Максимальная степень износа, вплоть до полной овализации, характерна для зёрен алмаза V–VII-разновидности (рис. 1); износ округлых додекаэдровидов и кубоидов II-разновидности обычно не превышает средней степени и часто визуально вообще не фиксируется. И при этом зёрна алмаза V–VII-разновидности обладают максимально высокой абразивной способностью, существенно превышающей абразивную устойчивость обычных кристаллов, например округлых додекаэдровидов. Это связано с особенностями реальной структуры алмаза V–VII-разновидности: лауэграммы показы-

вают сильнейший астеризм рефлексов, рентгеновские топограммы по методу Ланга — радиально-лучистое (балласовое) строение [1]. В соответствии с законом Холла—Петча дефекты структуры, границы микрзёрен тормозят движение дислокаций при механических напряжениях, в связи с чем высокодефектные микрзернистые структуры обладают повышенной абразивной способностью. Высокая окатанность зёрен алмаза V–VII-разновидности определённо показывает значительно более длинную их седиментологическую историю, т.е. возраст их источников древнее, чем возраст двух других групп потенциально докембрийских кристаллов алмаза.

Нами обнаружены также дополнительные свидетельства возможной связи “древних” кристаллов алмаза с докембрийскими россыпями. На зёрнах алмаза как V–VII-разновидности, так и других сильно окатанных “древних” зёрнах из современной аллювиальной россыпи ручья Моргогор развиты прочные карбонатные корочки (рис. 2). Такие корочки совершенно не характерны для зёрен алмаза, связанных с фанерозойскими источниками; для них обычными являются глинистые примазки, гидроокислы железа. Это даёт основание связать карбонатные корочки на “древних” зёрнах с докембрийскими промежуточными коллекторами, из которых кристаллы алмаза поступили в современные россыпи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всём многообразии кристаллов алмаза из россыпей северо-востока Сибирской платформы алмазы V–VII-разновидности по классификации Ю.Л. Орлова занимают особое место: среди кристаллов, относимых нами к потенциально докембрийским источникам, они подверглись наибольшей степени механического износа, вплоть до полной

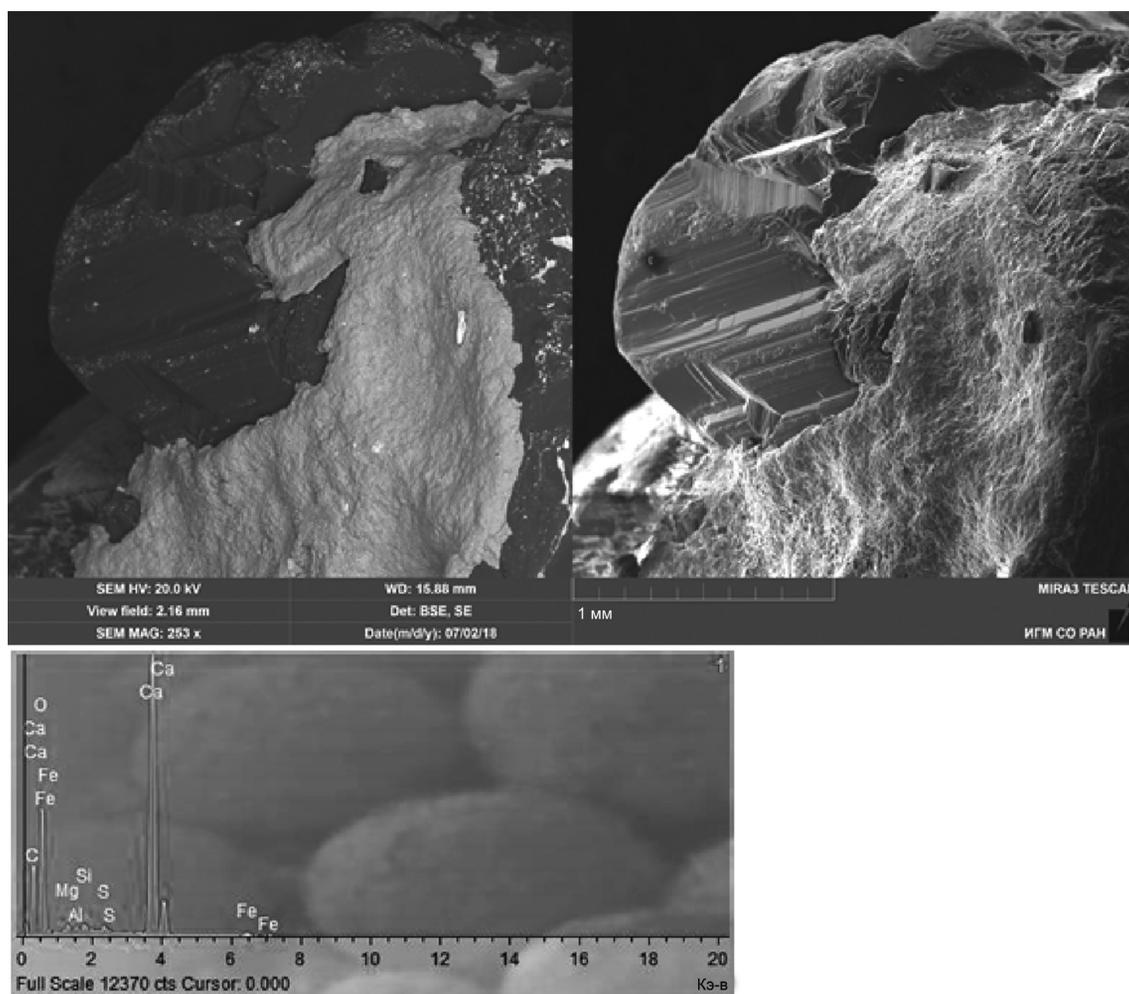


Рис. 2. Строение и состав карбонатной корочки на алмазе из россыпи ручья Моргогор.

овализации, при этом обладая максимальной абразивной устойчивостью. Высокая степень износа указывает на длительную седиментологическую историю кристаллов алмаза V–VII-разновидности, что даёт основание считать их источники древнейшими на северо-востоке Сибирской платформы. Следовательно, возраст потенциально докембрийских источников алмаза также различен, и наиболее древние из них — это источники зёрен алмаза V–VII-разновидности.

**Источники финансирования.** Работа выполнена в рамках государственного задания, проект 0330–2016–0006, а также при поддержке гранта РФФИ № 18–05–70063/18.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.П., Елисеев А.П., Надолинный В.А. и др. // Вестн. Воронежского гос. университета. Геология. 2000а. Вып. 10 (5). С. 79–97.
2. Афанасьев В.П., Ефимова Э.С., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Новосибирск: Изд. СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000б. 293 с.
3. Афанасьев В.П., Агашев А.М., Похиленко Н.П. // ГРМ. 2013. Т. 55. № 4. С. 295–304.
4. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Логвинова А.М. // Зап. Российского мин. общества. 2009. № 2. С. 1–13.
5. Афанасьев В.П., Лобанов С.С., Похиленко Н.П. и др. // Геология и геофизика. 2011а. Т. 52. № 3. С. 335–353.
6. Афанасьев В.П., Похиленко Н.П., Лобанов С.С. // ГРМ. 2011б. Т. 53. № 6. С. 538–542.
7. Горина И.Ф. // Россыпная алмазоносность Средней Сибири: Сб. статей. Л.: НИИГА, 1973. С. 49–54.
8. Егорова Е.О., Афанасьев В.П., Похиленко Н.П. // ДАН. 2016. Т. 470. № 6. С. 692–695.
9. Коптиль В.И. // Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1994. 34 с.
10. Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францесон Е.В. // М.: Недра, 1976. 134 с.
11. Орлов Ю.Л. // М.: Наука, 1984. 264 с.
12. Afanasiev V.P., Pokhilenko N.P. // Proc. 10th Int. Kimberlite Conf. New Delhi: Springer India. 2013. V. 1. P. 317–321.
13. Yelisseyev A.P., Afanasiev V.P., Panchenko A.V., et al. // Lithos. 2016. V. 265. P. 278–291.

**PRECAMBRIAN DIAMOND CRYSTALS  
FROM THE SIBERIAN CRATON****V. P. Afanasiev, Academician of the RAS N. P. Pokhilenko,  
E. O. Egorova, E. S. Leendenblot***Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Novosibirsk, Russian Federation*

Received October 7, 2019

Analysis of diamond grains from placers in the northeastern Siberian craton shows that some diamond varieties (round dodecahedra, varieties II and V–VII in the classification of Orlov) may originate from Precambrian sources. The Precambrian diamonds have different sedimentation histories. Namely, diamonds of varieties V–VII are most strongly rounded though being the most resistant to wear. Therefore, they should have the longest history of dispersal and transport, and thus should be derived from the oldest primary deposits.

*Keywords:* diamond, Precambrian, sedimentology, wear.