ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2021, том 499, № 2, с. 97–102

ГЕОЛОГИЯ

УДК [55+553.078]:552.3:552.3:551.76 (571511)

ПРОГНОЗ АЛМАЗОНОСНОСТИ ТАЙМЫРА

© 2021 г. В. Ф. Проскурнин[1], С. А. Граханов[1], член-корреспондент РАН О. В. Петров[1], Е. А. Васильев[2], Е. И. Берзон[1], А. В. Антонов[1], академик РАН Н. В. Соболев[3,*]

Поступило 24.03.2021 г.
После доработки 09.04.2021 г.
Принято к публикации 13.05.2021 г.

Несмотря на то что неопровержимые факты наличия на п-ве Таймыр признаков алмазоносных кимберлитов получены еще в 30-х годах XX века, только в 2020 г. впервые обнаружен на Восточном Таймыре макроалмаз (>1 мм), представленный бесцветным ламинарным кристаллом переходной от октаэдра к ромбододекаэдру формы. По комплексу признаков кристалл является редким и нетипичным для известных коренных и россыпных месторождений Сибирской алмазоносной провинции. Находка алмаза свидетельствует о наличии коренных источников и необходимости проведения среднемасштабных геолого-съемочных и поисковых работ на значительной территории от Анабарского залива (кряж Прончищева) на запад до возвышенностей Киряка-Тас, Тулай-Киряка и на северо-восток до мыса Цветкова.

Ключевые слова: алмаз, кимберлит, лампроит, минералы-индикаторы, Таймыр

DOI: 10.31857/S2686739721080107

Полуостров Таймыр – один из первых регионов России, где прогнозировалась алмазоносность [1, 2]. Основанием этому послужили образцы Н.Н. Урванцева, отобранные из даек в 1929 г. на правобережье р. Верхняя Таймыра, в 17 км выше устья р. Горбиты (сопка Бонато). При их изучении В.С. Соболевым рассматриваемые породы отнесены к альнеитам, близким к сопровождающим кимберлиты мелилитовым базальтам Южной Африки, а Г.Г. Моором в 1941 г. – к слюдяным кимберлитам. Позднее из двух даек слюдистых кимберлитов (альнеитов) геологами НПО "Аэрогеология" было выделено три микроалмаза размером 0.12, 0.15 и 0.3 мм и весом 0.03–0.05 мг (методом термохимического разложения). Кроме алмазов в данных породах установлены пироп, хромдиопсид, пикроильменит и перовскит.

В начале пятидесятых годов прошлого века геологами НИИГА [3, 4] по находкам минералов-индикаторов кимберлитов прогнозировалась россыпная и коренная алмазоносность в бассейне Верхней Таймыры, горах Бырранга, на возвышенности Киряка-Тас. М.Г. Равичем, Л.А. Чайкой [5] впервые для меланократовых сиенитов г. Базовой Западного Таймыра обращено внимание на сходство их химического состава с лампроитами. Позднее широкое распространение лампроитов и лампроитовых трубок взрыва в пределах Горного Таймыра установлено А.П. Романовым [6, 7]. Тем не менее представительного опробования лампроитов и кимберлитов Таймыра на алмазы не проведено.

В 2007 г. [8] на мысе Цветкова в осипайской свите карнийского яруса позднего триаса были найдены неокатанные зерна пиропов, в том числе алмазной ассоциации (по [9]), что указывает на наличие продуктивных коренных источников на Таймыре. Магнезиальность (Mg# [100Mg/(Mg + + Fe)]) 10 зерен пиропов из шлихов колеблется в пределах 79.4–87.7 при содержании Cr_2O_3 (мас. %) от 3.0 до 6.6. Они относятся к лерцолитовому парагенезису. Особый интерес представляет пироп дунит-гарцбургитового парагенезиса, содержащий 7.9 Cr_2O_3 и 2.08 CaO (мас. %), что составляет около 22 мол. % кноррингитового (MgCr) компонента, являющегося индикатором алмазоносности [9]. В 2015 г. на м. Цветкова геологами ВСЕГЕИ [10] в разрезе нижнетриасовых пород установлены флюидоэксплозивные образования предположительно средне-позднетриасового возраста. Наличие в них пиропа, пикроильменита и хромшпинелидов позволяет рассматривать инъ-

[1] *Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия*
[3] *Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия*
**E-mail: sobolev@igm.nsc.ru*

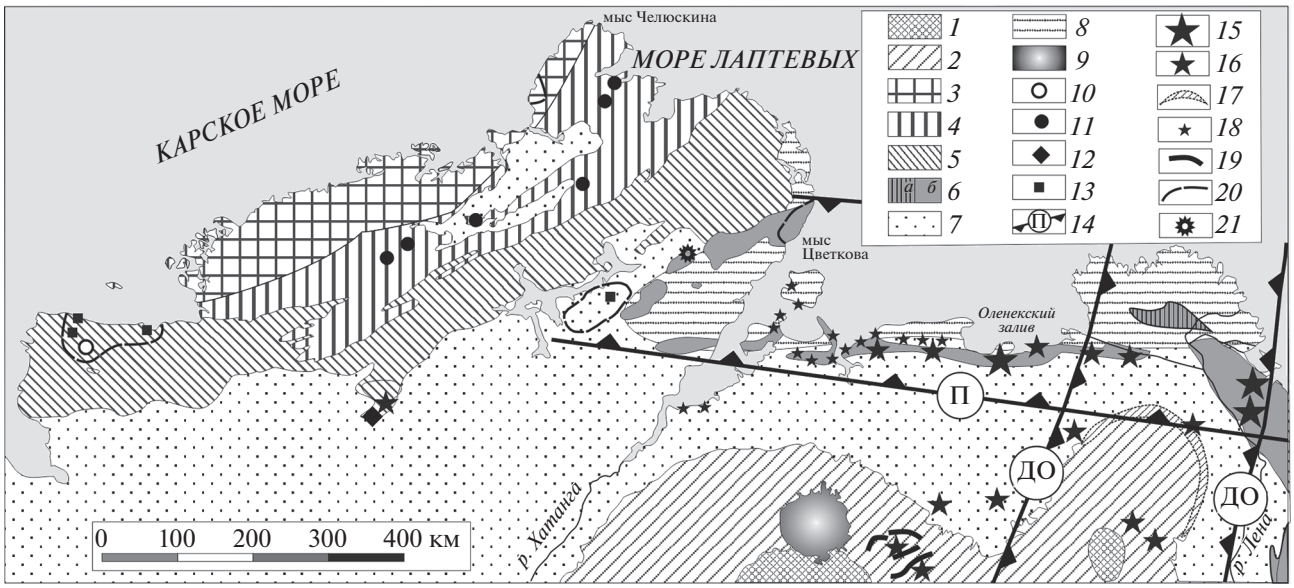

Рис. 1. Схема проявлений алмазоносности северной части Сибирской платформы и Таймыра [6, 8, 10, 11]. *1*, *2* – Сибирская платформа: архейский и раннепротерозойский фундамент (1), рифей – нижнемезозойский чехол (2); *3* – Карский микроконтинент, рифейско-среднеордовикские образования; *4*, *5* – Таймырская складчатая система: протерозойско-среднепалеозойские (*4*), позднепалеозойско-раннемезозойские (*5*) образования; *6* – Восточнотаймырско-Оленекская складчатая зона верхоянид, докембрийские (*а*) и позднепалеозойско-среднемезозойские (*б*) образования; *7* – юрско-меловой плитный комплекс; *8* – мел-палеогеновый плитный комплекс; *9* – Попигайская астроблема; *10*, *11* – трубки взрыва: средне-позднетриасовые лампроитовые (10); позднерифейские щелочно-трахибазальтовые (*11*); *12*, *13* – дайки: алмазоносных альнеитов (*12*), калиевых лампрофиров и лампроитов (*13*); *14* – Минерагенические зоны: П – Приморская, ДО – Далдыно-Оленекская. Проявления алмазоносности: *15* – ураганные содержания алмазов в туфах, туффитах и в туфогенно-осадочных породах карнийского яруса; *16* – находки алмазов в древних промежуточных коллекторах; *17* – площадные россыпные проявления алмазов в базальном горизонте рэтского яруса; *18* – находки алмазов в четвертичных отложениях Хатангского и Анабарского заливов; *19* – четвертичные промышленные россыпи; *20* – ореолы пиропа и хромшпинелидов на Таймыре; *21* – находка алмаза на возвышенности Тулай-Киряка.

екционные брекчии как возможные коренные источники алмазов.

Единственным выявленным к настоящему времени в северном обрамлении Сибирской платформы продуктивным коллектором алмазов является базальный горизонт карнийского яруса верхнего триаса [8, 11], простирающийся от низовьев р. Лена вдоль Оленекской ветки складок до Восточного Таймыра, охватывая возвышенность Тулай-Киряка. Алмазоносные триасовые породы, в зависимости от количества в них пеплового материала и лапиллей, а также присутствия терригенной составляющей, относятся к единой серии, включая вулканические, осадочно-вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы. Совокупность петрографических и геохимических данных позволяет сделать сугубо предварительный вывод о том, что алмазоносные вулканогенные породы образовались в результате проявления основного-ультраосновного вулканизма щелочного-субщелочного характера [11]. Минеральный состав тяжелой фракции туфогенных пород уникален по широкому спектру цветовых разновидностей пиропов, а также повышенному содержанию хромшпинелидов, пикроильменита и рутила. В цветовом спектре пиропов доминируют индивиды оранжевого цвета. Содержание пиропов алмазной ассоциации дунит-гарцбургитового парагенезиса редко превышает 1–2%. В то же время значительна доля (12.5%) гранатов эклогитового парагенезиса с примесью MnO > 0.5 массовой доли %, что по Н.В. Соболеву [12] характерно для высокоалмазоносных пород. По типоморфным особенностям доминируют округлые алмазы I и V + VII разновидностей (по [13]).

В 2020 г. геологами ВСЕГЕИ (авторами статьи) в небольшом объеме было проведено шлиховое опробование аллювиальных отложений руч. Каньон, который дренирует средне-позднетриасовые и раннеюрские образования возвышенности Тулай-Киряка (рис. 1). В результате в одной из проб, впервые на Восточном Таймыре, были найдены макроалмаз размером 1.3 мм, весом 1.7 мг (рис. 2) и сопровождающие минералы, частично представленные индикаторами кимберлитов.

Алмаз представлен бесцветным ламинарным кристаллом I разновидности [13], переходной формы от октаэдра к ромбододекаэдру (рис. 2а) с занозистой комбинационной штриховкой. Грани октаэдра плоские, без следов травления и раство-

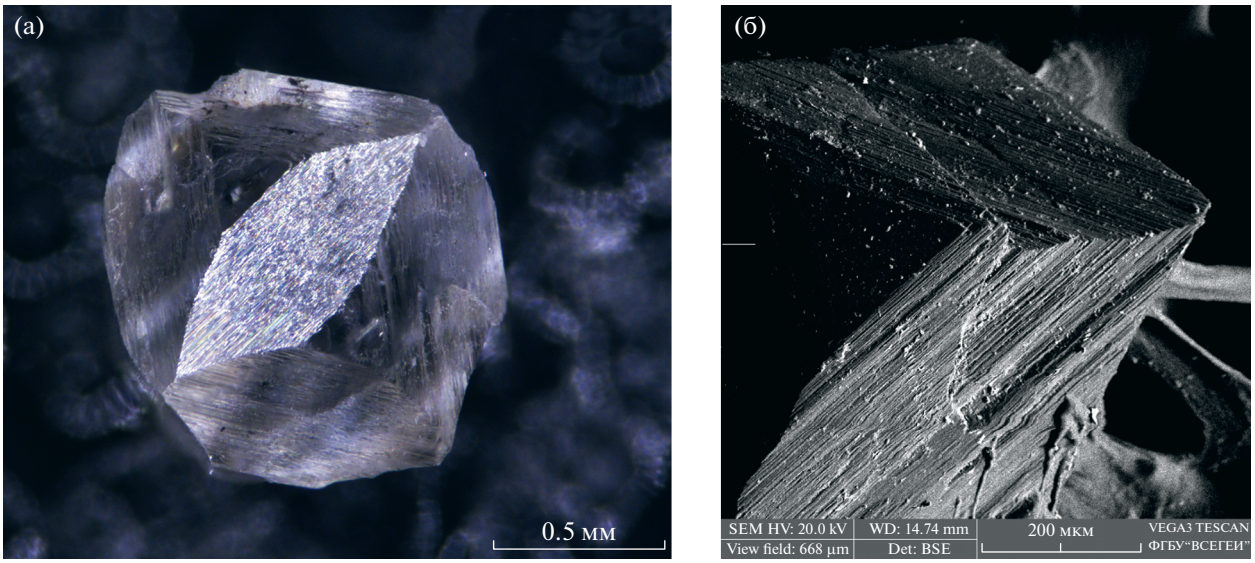

Рис. 2. Общий вид кристалла алмаза (а) и BSE изображение фрагмента поверхности (б).

рения, на ребрах и вершинах отсутствуют признаки износа. Поверхности ромбододекаэдра сложены ростовыми ступеньками {111} и являются псевдогранями (рис. 2б). На кристалле не выявляются радиационные пятна пигментации. Он наполовину пересечен протогенетической трещиной, которая привела к неравномерному развитию граней октаэдра (рис. 2). Кристалл содержит розетковидное включение, ориентированное поперек протогенетической трещины. Общая концентрация азота 40 ppm, доля азота в форме дефектов *B* – 60%, амплитуда линии 3107 см$^{-1}$ водородного центра 1.7 см$^{-1}$. Алмазы с таким низким содержанием азота отличаются от алмазов из россыпей северо-востока Сибирского кратона [14]. В спектре ИК-поглощения регистрируются также полосы с максимумами 800, 1015, 1100, 1261, 2963 см$^{-1}$, которые соответствуют включению. В спектрах фотолюминесценции регистрируются система *N3* низкой интенсивности, интенсивная *H3*, линии 490, 496, 528, 575 нм, широкая полоса с максимумом 720 нм и локальными максимумами в области 610–650 нм набор дублетов 890/900.3, 918/930, 946.5/961.5, 981/994 нм, дублет 883/885 нм ростового никельсодержащего центра.

По габитусу и характеру поверхности, четкости комбинационной штриховки этот кристалл редкий, такие индивиды не типичны для известных коренных источников и россыпей Якутии [13]. Он не претерпел растворения или травления и имеет следы слабой пластической деформации, не проявленные в морфологии, но диагностируемые по ФЛ-спектрам [15]. Концентрация и соотношение азотных дефектов пересчитаны в модельную температуру [16]: для длительности естественного отжига 3 млрд лет ее значение составляет 1520 K.

В шлиховой пробе (табл. 1), кроме алмаза, установлены хромшпинелид, пикроильменит и моноклинный пироксен, не относящийся к кимберлитам. Пикроильменит по повышенному содержанию MgO и примеси Cr_2O_3 идентичен типичным пикроильменитам кимберлитов. Хромшпинелид может рассматриваться в качестве индикатора кимберлита только в ассоциации с пиропом и при сопоставлении содержания примесей. Преобладающая часть хромшпинелидов соответствует составам, свойственным щелочно-ультраосновным породам региона [12]. Минералы пробы изношены, зерно пикроильменита покрыто пленкой анатаза, что свидетельствует о сложной геологической истории формирования шлихового ореола. Небольшая выборка минералов кимберлитов не позволяет сделать корректное сопоставление с таковыми из карнийских алмазоносных пород.

Начиная с 30-х годов прошлого века, получены неопровержимые факты наличия на п-ве Таймыр алмазоносных образований, но до сегодняшнего дня специализированных работ по поискам коренных месторождений алмазов не проводилось. На соседней территории в Республике Саха (Якутия) системные поисковые работы на алмазы ведутся уже более семидесяти лет. В результате исследований последнего десятилетия в южном обрамлении моря Лаптевых выделены высокоалмазоносные (до 13 кар/м^3) лапиллевые туфы и туффиты [11, 17], которые приурочены к кровле континентальной пачки ладинского яруса и трансгрессивному основанию карнийского яруса. U–Pb-датирование цирконов из алмазоносных ту-

Таблица 1. Состав минералов-индикаторов кимберлитов (мас. %) из аллювиальных отложений руч. Каньон

1. Хромшпинелид

Номера зерен	Номер анализа	Положение съемки	MgO	Al_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	MnO	FeO	Сумма
1	1-1	Центр	8.43	4.39	3.87	49.56	0.00	33.57	99.83
2	2-1	Центр	15.02	5.81	3.10	51.76	0.00	23.67	99.36
	2-2	Край	6.96	4.47	2.84	49.45	0.71	33.73	98.16
3	3-1	Центр	12.19	5.15	4.10	45.84	0.71	31.21	99.21
4	4-1	Центр	10.35	4.89	7.82	44.89	0.00	31.49	99.44
	4-2	Край	9.04	3.86	4.56	44.67	0.00	37.13	99.26
5	5-1	Центр	14.71	6.02	4.18	48.83	0.00	26.27	100.01
	5-2	Край	14.53	6.02	4.21	47.68	0.00	27.37	99.81
6	6-1	Центр	13.35	5.52	4.68	48.19	0.54	28.11	100.39
	6-2	Край	9.16	6.51	4.35	50.61	0.00	27.59	98.22

2. Пикроильменит

Номера зерен	Номер анализа	Положение съемки	MgO	TiO_2	Cr_2O_3	MnO	FeO	Сумма
1	1-1	Центр	9.53	48.65	0.68	0.00	40.05	98.91
	1-2	Центр	9.86	47.40	0.61	0.30	39.90	98.07
	1-3	Центр	9.41	49.11	0.50	0.27	41.63	100.92

3. Пленка анатаза-рутила на зерне пикроильменита

Номера зерен	Номер анализа	Положение съемки	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Cr_2O_3	Сумма
1	1-1	Край			99.74	1.30	101.04
	1-2	Край	0.56	1.09	93.97	1.41	97.03

4. Моноклинный пироксен

Номер анализа	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Cr_2O_3	MnO	FeO	Сумма
1	0.65	12.82	0.00	53.69	22.66	0.00	0.00	9.60	99.43
2	0.62	13.02	0.00	53.53	22.98	0.28	0.00	9.12	99.55
3	0.68	12.12	0.46	52.61	23.22	0.00	0.29	9.73	99.12
4	0.52	13.50	0.40	54.22	23.48	0.32	0.00	8.21	100.64
5	0.68	13.53	0.00	53.65	23.22	0.42	0.00	8.19	99.69
6	0.70	12.19	0.47	53.48	22.75	0.00	0.00	10.31	99.90

фов указывает на две фазы внедрения эксплозий – ладинскую и карнийскую [18], что хорошо согласуется с гипотезой выделения потенциальной раннемезозойской алмазоносной провинции на Таймыре и севере Сибирской платформы. Алмазоносные туфы, туффиты и туфоконгломераты приурочены к Приморской минерагенической зоне Восточнотаймырско-Оленекской минераге-

нической системы (рис. 1), которая подчеркивается серией глубинных разломов субширотного направления. При этом предполагается базит-ультрабазитовый, лампроитовый [19], возможно, кимберлитовый состав вулканогенного протолита.

Приморская зона контролирует алмазоносный вулканизм в Западном Верхоянье, кряжах Чекановского и Прончищева и трассируется на Восточный Таймыр через возвышенность Тулай-Кирьяка, где найден алмаз, в районы р. Чернохребетная, мыс Цветкова.

Находка алмаза на Восточном Таймыре свидетельствует о наличии коренных источников. Однако неполный спектр минералов-индикаторов кимберлитов и износ зерен в пределах возвышенности Тулай-Кирьяка свидетельствуют об их переносе. Для проведения среднемасштабных геологосъемочных и поисковых работ, ориентированных на алмазы, рекомендуется охват всей Приморской зоны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в организации полевых работ И.В. Калмыкову (ООО “Полярная ЭК”), командиру вертолета Ю.В. Жданову и помощь в проведении лабораторных исследований В.Ф. Сапеге.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование частично поддержано РФФИ (грант 18–05–70014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соболев В.С.* Особенности магматических проявлений и металлогении платформ на примере формации Сибирских траппов // Тр. XVII сессии Международного геологического конгресса. М., 1937. Т. 5. С. 265–271.
2. *Моор Г.Г.* О слюдяных кимберлитах на севере Центральной Сибири // ДАН СССР. 1941. Т. XXXI. № 4. С. 361–363.
3. *Воронов П.С., Черепанов В.А.* Геологическое строение и полезные ископаемые юго-восточного Таймыра // Тр. НИИГА. М.: Издательство Главсевмормути, 1953. Т. 73. С. 133.
4. *Вакар В.А.* К вопросу о вероятной алмазоносности Таймыра // Информ. бюлл. НИИГА. Л.: Недра, 1958. Вып. 8. С. 49–51.
5. *Равич М.Г., Чайка Л.А.* Малые интрузии хребта Бырранга // Тр. НИИГА. Л.: Недра, 1959. Т. 88. 147 с.
6. *Романов А.П.* Перспективы алмазоносности Горного Таймыра // Недра Таймыра. Норильск. Изд-во ВСЕГЕИ, 1997. Вып. 2. С. 185–198.
7. *Романов А.П.* Лампроиты и кимберлиты Горного Таймыра // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / Гл. ред. Д.А. Додин, В.С. Сурков. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 291–299.
8. *Граханов С.А., Ядренкин А.В.* Прогноз алмазоносности триасовых отложений Таймыра // ДАН. 2007. Т. 416. № 5. С. 653–656.
9. *Соболев Н.В.* О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и геофизика. 1971. № 3. С. 70–80.
10. *Проскурнин В.Ф., Гавриш А.В., Петров О.В., Галкин А.С., Виноградова Н.П., Наумов М.В., Силаев В.И., Лукьянова Л.И., Ронина Е.Е., Салтанов В.А.* Потенциально алмазоносные раннемезозойские инъекционные брекчии Восточного Таймыра // Региональная геология и металлогения. 2017. № 72. С. 78–90.
11. *Граханов С.А., Смелов А.П., Егоров К.Н., Голубев Ю.К.* Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 3–12.
12. *Соболев Н.В., Логвинова А.М., Николенко Е.И., Лобанов С.С.* Минералогические критерии алмазоносности верхнетриасовых россыпей северо-восточной окраины сибирской платформы // Геология и геофизика, 2013. Т. 54 (8). С. 1162–1178.
13. *Орлов Ю.Л.* Минералогия алмаза. 2-е изд. М.: Наука, 1984. 264 с.
14. *Shatsky V.S., et al.* Carbon Isotopes and Nitrogen Contents in Placer Diamonds from the NE Siberian Craton: Implications for Diamond Origins // Eur. J. Mineral. 2014. V. 26. P. 41–52.
15. *Vasilev E.A.* Luminescence of Plastically Deformed Diamond in the Range 800–1050 nm // J. Appl. Spectrosc. 2019. № 3. P. 512–515.
16. *Taylor W.R., Jaques A.L., Ridd M.* Nitrogen-defect Aggregation Characteristics of Some Australasian Diamonds: Time-temperature Constraints on the Source Regions of Pipe and Alluvial Diamonds // Amer. Miner. 1990. V. 75. P. 1290–1310.
17. *Проскурнин В.Ф., Виноградова Н.П., Гавриш А.В., Наумов М.В.* Признаки эксплозивнообломочного генезиса алмазоносного карнийского горизонта Усть-Оленекского района (петрографо-геохимические данные) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 6. С. 698–711.
18. *Граханов С.А., Зинчук Н.Н., Соболев Н.В.* Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на Северо-Востоке Сибирской платформы // ДАН. 2015. Т. 465. № 6. С. 715–719.
19. *Летникова Е.Ф., Лобанов С.С., Похиленко Н.П., Изох А.Э., Николенко Е.И.* Источники поступления обломочного материала в карнийский алмазоносный горизонт северо-востока Сибирской платформы // ДАН. 2013. Т. 451. № 2. С. 193–196.

FORECAST OF TAYMYR'S DIAMOND POTENTIAL

V. F. Proskurnin[a], S. A. Grakhanov[a], Corresponding Member of the RAS O. V. Petrov[a], E. A. Vasiliev[b], E. I. Berzon[a], A. V. Antonov[a], and Academician of the RAS N. V. Sobolev[c, #]

[a] *A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation*

[b] *St. Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russian Federation*

[c] *V.S. Sobolev Institute for Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

[#] *E-mail: sobolev@igm.nsc.ru*

Although strong facts of signs of diamondiferous kimberlites on the Taimyr Peninsula were obtained back in the 30s of the 20th century, it was only in 2020 that a macrodiamond (>1 mm) was first discovered in the eastern Taimyr. It is a colorless laminar crystal of a transitional shape from an octahedron to a rhombododecahedron. According to the set of features, the crystal is rare and atypical for the known primary and alluvial deposits of the Siberian Diamond Province. The diamond find indicates the presence of primary sources and the need for medium-scale geological survey and exploration in a large area from the Anabar Bay (Pronchishchev Ridge) to the west to the Kiryaka-Tas, Tulai-Kiryak heights and to the northeast to the Tsvetkov's Cape.

Keywords: diamond, kimberlite, lamproite, indicator minerals, Taimyr