

Научная статья

УДК 550.93:552.512:553.81(571.56)

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_22-38

Новые данные о возрасте древних конгломератов бассейнов рек Эбелях, Биллях и Маят и их влияние на промышленную алмазоносность, Республика Саха (Якутия)**С. А. Граханов^{1, 2}, М. Н. Голобурдина¹✉,
Т. Н. Зубова¹, В. Ф. Проскурнин¹, А. В. Тарасов³**¹Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,

Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru ✉

²АЛМАР — алмазы Арктики, Якутск, Россия³Федеральное агентство по недропользованию, Москва, Россия**Ключевые слова:** циркон, U-Pb возраст, SIMS SHRIMP-II, алмаз, минералы-индикаторы кимберлитов, мел, северо-восток Сибирской платформы**Финансирование:** работы выполнены в рамках Государственного задания Федерального агентства по недропользованию № 049-00018-22-0 от 14.01.2022.**Для цитирования:** Новые данные о возрасте древних конгломератов бассейнов рек Эбелях, Биллях и Маят и их влияние на промышленную алмазоносность, Республика Саха (Якутия) / С. А. Граханов [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 3. С. 22–38. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_22-38

Original article

UDC 550.93:552.512:553.81(571.56)

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_22-38

Аннотация. В пределах уникальных россыпных месторождений Эбелях, Биллях и Маят, расположенных в Анабарском алмазоносном районе, в делювиальных отложениях широко развиты глыбы конгломератов, содержащих алмазы и высокие концентрации индикаторных минералов кимберлитов. Конгломераты в коренном залегании не установлены. По единичным находкам фауны была выдвинута гипотеза о каменноугольном возрасте данных образований, что предполагает палеозойский возраст коренного источника эбеляхских россыпей. Однако поиски коренных месторождений, проводимые в соответствии с этой парадигмой, не дают положительных результатов. В работе представлены аналитические материалы U-Pb датирования (SIMS SHRIMP-II) детритовых цирконов из данных конгломератов, доказывающие широкий их возрастной диапазон с наиболее молодыми меловыми значениями, соответствующими возрасту формирования раннемеловых эрозионно-карстовых депрессий, широко развитых в исследуемом регионе. Полученные материалы указывают на необходимость существенной корректировки методики поисков коренных месторождений алмазов в Анабарском районе с учетом мезозойского возраста искоемых кимберлитов, что существенно снизит стоимость работ.

New data on the age of ancient conglomerates in the Ebelyakh, Billyakh, and Mayat River basins and their implications for commercial diamond potential, Republic of Sakha (Yakutia)**S. A. Grakhanov^{1, 2}, M. N. Goloburdina¹✉,
T. N. Zubova¹, V. F. Proskurnin¹, A. V. Tarasov³**¹All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia, Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru²ALMAR — diamonds of the Arctic, Yakutsk, Russia³Federal Subsoil Resources Management Agency, Moscow, Russia**Keywords:** zircon, U-Pb age, SIMS SHRIMP-II, diamond, kimberlite indicator minerals, Cretaceous, North-East Siberian Platform© С. А. Граханов, М. Н. Голобурдина,
Т. Н. Зубова, В. Ф. Проскурнин,
А. В. Тарасов, 2025

Abstract. In the Anabar diamondiferous region, within the unique placer deposits of the Ebelyakh, Billyakh, and Mayat rivers, blocks of conglomerates containing diamonds and high concentrations of kimberlite indicator minerals are widespread in the deluvial sediments. These conglomerates have not been identified in situ. Single

Funding: the Federal Subsoil Resources Management Agency supported the research (state geological study, no. 049-00018-22-0 dated 14.01.2022).

For citation: New data on the age of ancient conglomerates in the Ebelyakh, Bilyakh, and Mayat River basins and their implications for commercial diamond potential, Republic of Sakha (Yakutia) / S. A. Grakhanov [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (3): 22–38. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_103_22-38

fossil findings proposed the Carboniferous age for these formations, which implies the Paleozoic age for the primary source of the Ebelyakh placers. This paradigm encourages exploration for the primary sources of the unique placers but without success. The paper presents U-Pb (SIMS SHRIMP-II) detrital zircon dating data from these conglomerates; they demonstrate a wide age range, with the youngest values corresponding to the Early Cretaceous, which correspond to the timing of erosional-karst depressions developed extensively in the study area. These findings require a substantial revision of strategies for primary diamond deposits exploration in the Anabar region, accounting for the Mesozoic age of the target kimberlites, which could significantly reduce exploration costs.

ВВЕДЕНИЕ

С середины прошлого и в начале настоящего столетия в Анабарском алмазоносном районе активно проводились поисковые работы на коренные источники алмазов. Основанием для этого послужили ураганные концентрации алмазов в современном аллювии р. Эбелях и ее притоках Ыраас-Юрях, Гусиный, Холомолоох, Моргогор (рис. 1), а также высокие содержания кристаллов в реках Биллях и Маят, в комплексе надпойменных террас и погребенном аллювии позднечетвертичных долин, эрозивно-карстовых депрессиях неогенового и мелового возрастов и подстилающих корах выветривания [1]. Алмазы данных россыпей, разобценных в пространстве и различных по генезису и возрасту, по своим типоморфным особенностям близки, что предполагает их общий коренной источник, за исключением небольшой части неизношенных алмазов уральского и жильного типов, имеющих местный источник [1]. Долгое время в научной среде не возникало сомнений относительно возраста их коренного источника: считалось, что ими должны быть кимберлиты палеозойского возраста, как и эксплуатируемые месторождения центральной части Сибирской провинции (трубки Мир, Интернациональная, Удачная, Айхал, Юбилейная и др.). При этом прошла незамеченной работа [2] по датированию кимберлитовых цирконов уран-свинцовым методом из россыпей рек Эбелях и Анабар, где были выделены зерна только с триасовыми датировками, а среднепалеозойские спектры среди изученных образцов отсутствовали. Опробование базальных горизонтов верхнепалеозойских отложений тоже не привело к положительному результату, так как ореолов индикаторных минералов кимберлитов не было установлено. Высокие концентрации пикроильменита и единичные зерна пиропы были определены в глыбах кварцевых гравелитов и конгломератов, отнесенных к палеозойскому возрасту, но не обнаруженных в коренном залегании. Данные образования косвенно подтверждали палеозойский возраст коренных источников эбеляхских россыпей. Выявленные в этих конгломератах единичная морская водоросль *Ungdarella* и одна башенковая гастропода свидетельствовали об их каменноугольном возрасте [3]. Необходимо отметить, что в «карбонных» глыбах с р. Кумах-Юрях (левый приток р. Эбелях) присутствовала галька с остатками трилобитов *Triplagnostus gibbus* и *Triplagnostus anabarensis*, отнесенных к амгинскому ярусу среднего кембрия¹.

Однако находки фауны в грубокластических толщах вряд ли могут однозначно указывать на возраст рассматриваемых образований, так как они могли поступать из более древних толщ, размываемых при формировании конгломератов. Безусловным является лишь тот факт, что данные отложения не древнее карбона.

«Каменноугольные» конгломераты были опробованы Эбеляхской партией Амакинской экспедиции². В пробе объемом 25 м³ установлены значительные концентрации пикроильменита, реже пиропы и хромшпинелида; алмазы не обнаружены. Обогащение литифицированных разностей было произведено по россыпной схеме, с частичным дроблением исходного материала и в присутствии автора статьи, поэтому достоверность результатов вызывает большие сомнения, но, к сожалению, в те годы Эбеляхская партия не располагала техническими средствами, чтобы провести обогащение по коренной схеме с дроблением и истиранием скальных пород. Однако наличие минералов-спутников алмаза указывало на потенциальную алмазоносность пород.

М. В. Михайловым³ предпринята повторная попытка опробования данных образований. В 76 пробах общим весом 1,1 т с бассейна р. Эбелях был найден кристалл алмаза, установлены высокие концентрации пикроильменита, реже встречался хромшпинелид и обнаружены знаки пиропы.

Геологи АО «Алмазы Анабара» демонстрировали автору статьи образец гравелита, найденного в бассейне р. Маят, с включением крупного кристалла алмаза VII разновидности размером 0,7 × 0,5 мм.

Установление возраста рассматриваемых конгломератов и их связь с промышленной алмазоносностью является актуальной задачей в решении вопроса о коренных источниках россыпей бассейнов рек Эбелях, Биллях и Маят. В представленной работе впервые приводятся аналитические результаты дати-

¹ Состав и условия образования мезозойских и кайнозойских отложений палеодепрессий Анабаро-Уджинского района. Отчет по теме «Состав и условия образования древних россыпей алмазов Чымаро-Уджинского района» / А. Н. Евдокимов [и др.]. Л., 1983.

² Отчет о результатах детальных поисков коренных и россыпных месторождений алмазов в бассейнах рр. Эбелях, Биллях и на левобережье р. Маят / В. М. Куницкий [и др.]. Нюрба : Амакинская ГРЭ, 1980.

³ Геология и вещественный состав нижнекаменноугольных отложений Эбеляхской площади в связи с проблемой коренной алмазоносности (отчет по теме № 69) / М. В. Михайлов [и др.]. СПб. : ВСЕГЕИ, 1995.

рования циркона (U-Pb метод, SIMS SHRIMP-II) из «каменноугольных» конгломератов, полученные в 2011 г. [4], а также в рамках работ Института Карпинского в 2022–2024 гг. по изучению кимберлитовых кристаллов циркона из алмазных россыпей Сибирской платформы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе представлены результаты исследования авторской коллекции кристаллов циркона из «каменноугольных» конгломератов (пробы 610, 32024). Кристаллы выделены из алмазосодержащих конгломератов бассейна р. Ыраас-Юрях, левобережья р. Эбелях. Для датирования были выбраны различные по морфологии и цвету кристаллы, в дальнейшем имплантированные с зернами цирконовых стандартов Temora-2 и 91500 в эпоксидную смолу и шлифованы. По оптическим и катодолюминесцентным изображениям определялись участки датирования.

U-Pb датирование проведено на ионном микрозонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ФГБУ «Институт Карпинского». Возрасты получены с использованием вторичного электронного умножителя в одноколлекторном режиме по методике, описанной в [5]. Первичный пучок ионов кислорода имел интенсивность 3 нА, пятно (кратер) около 25 мкм в диаметре. В программе Squid-1¹ обработаны полученные данные. Относительно стандартного циркона

Temora-2 с возрастом 416,8 млн лет [6] были нормализованы U/Pb отношения. Концентрации свинца, урана и тория определены с помощью стандарта циркона 91500 с содержанием урана 81,2 г/т [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цирконы, изученные в данной работе, были выделены из «каменноугольных» конгломератов и гравелитов, находящихся в бассейне р. Ыраас-Юрях (рис. 1). Эти породы имеют площадное распространение на рассматриваемой алмазонасной территории. Они сильно литифицированы, обладают серой и желтовато-серой окраской. В конгломератах галечный материал занимает до 50–60 % объема, характеризуется средней и низкой окатанностью, максимальный размер галек 4–5 см. Значительная часть галечного материала представлена кварцем (до 50–70 %), кремнистыми породами и прокварцованными кислыми эффузивами. В составе цементирующей массы преобладает кварц (до 80–90 %), в подчиненном количестве присутствуют обломки кремнистых пород и прокварцованных кислых эффузивов. Тяжелая фракция состоит преимущественно из ильменита (до 50–80 %) и циркона (до 35 %), в малом количестве присутствуют рутил, дистен и ставролит, то есть характеризуется устойчивой циркон-ильменитовой ассоциацией. В конгломератах обнаружены минералы-индикаторы кимберлитов — пикроильменит, хромшпинелид и пироп [3]. Содержание пикроильменита высокое,

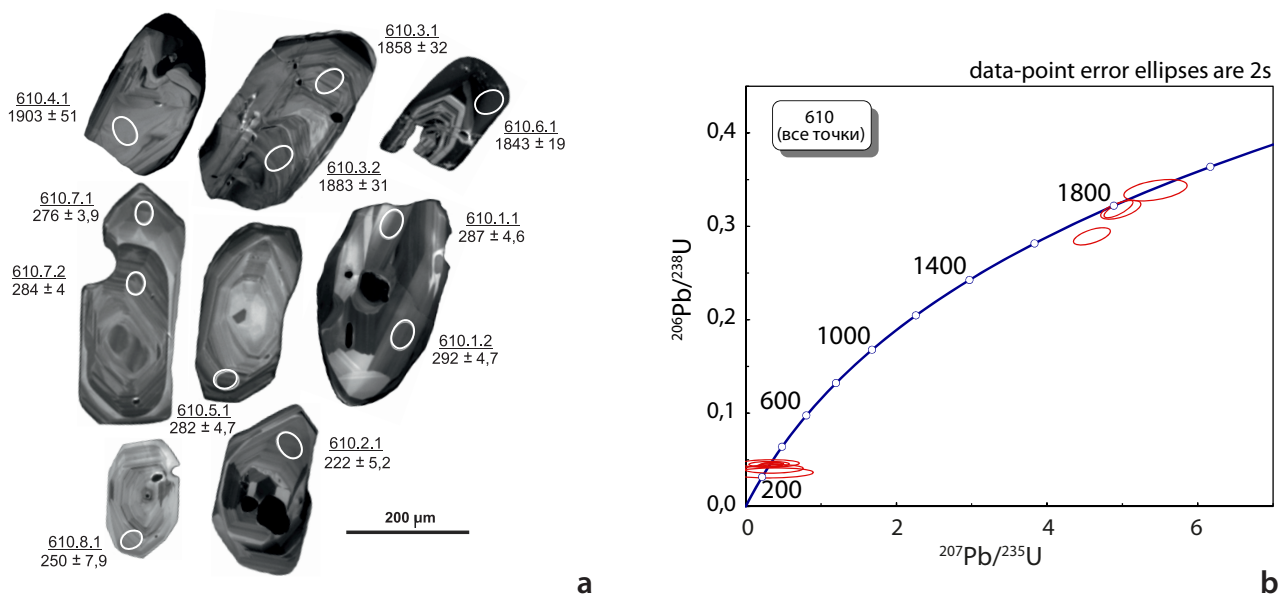


Рис. 2. Катодолюминесцентные изображения (а) и диаграмма с конкордией (б) для кристаллов циркона из алмазосодержащих конгломератов р. Ыраас-Юрях (проба 610)

Fig. 2. Cathodoluminescence images (a) and concordia diagram (b) for zircon crystals from diamond-bearing conglomerates of the Yraas-Yuryakh River (sample 610)

¹Ludwig K. R. SQUID 1.13a. A user's manual. A geochronological toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. No. 2. Berkeley, USA : Berkeley Geochronol. Center, 2005. 19 p.

Система	Отдел	Ярус	Мощность, м	Характеристика
Меловая-четвертичная система	N ₂ -Q _{II}	Иррелс	2-30	Илы, пески, суглинки, галечники
		К ₁	15-180	Песчаники, глины с прослоями и линзами галечников
Юрская	J ₁ P	Плинсбахский	50-120	Песчаники, алевролиты с линзами конгломератов и конкрециями известняков. В основании – конгломераты
		Нижний	20	Покровы базальтов и их туфы
Пермская	P	Нерасплевенная	30-130	Песчаники с линзами конгломератов, алевролитов глин, конкреции карбонатных пород (30-130 м). Песчаники, алевролиты, глинистые алевролиты (60-90 м)
		Т ₁	до 100	Анабарская свита. Светло-желтые, серые доломиты. Встречаются прослои глинистых доломитов
Кембрийская	C ₂	Средний	270-380	Верхний подъярус. Силигирский горизонт. Известняки, ритмично переслаивающиеся с глинистыми известняками имергелями. В северном направлении они замещаются известняками и доломитами (анабарская свита)
		Нижний	до 100	Верхний подъярус. Джахтарский горизонт. Светло-серые и буроватые известняки, глинистые известняки Нижний подъярус. Оленекский горизонт. Буро-красные, вишнево-красные, зеленоватые и светло-серые известняки, мергели

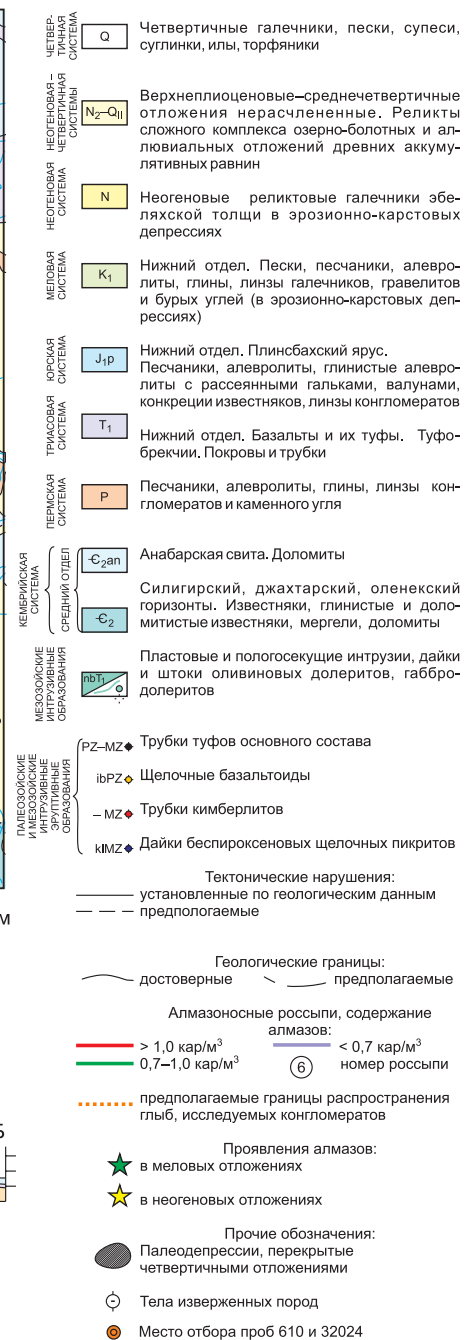
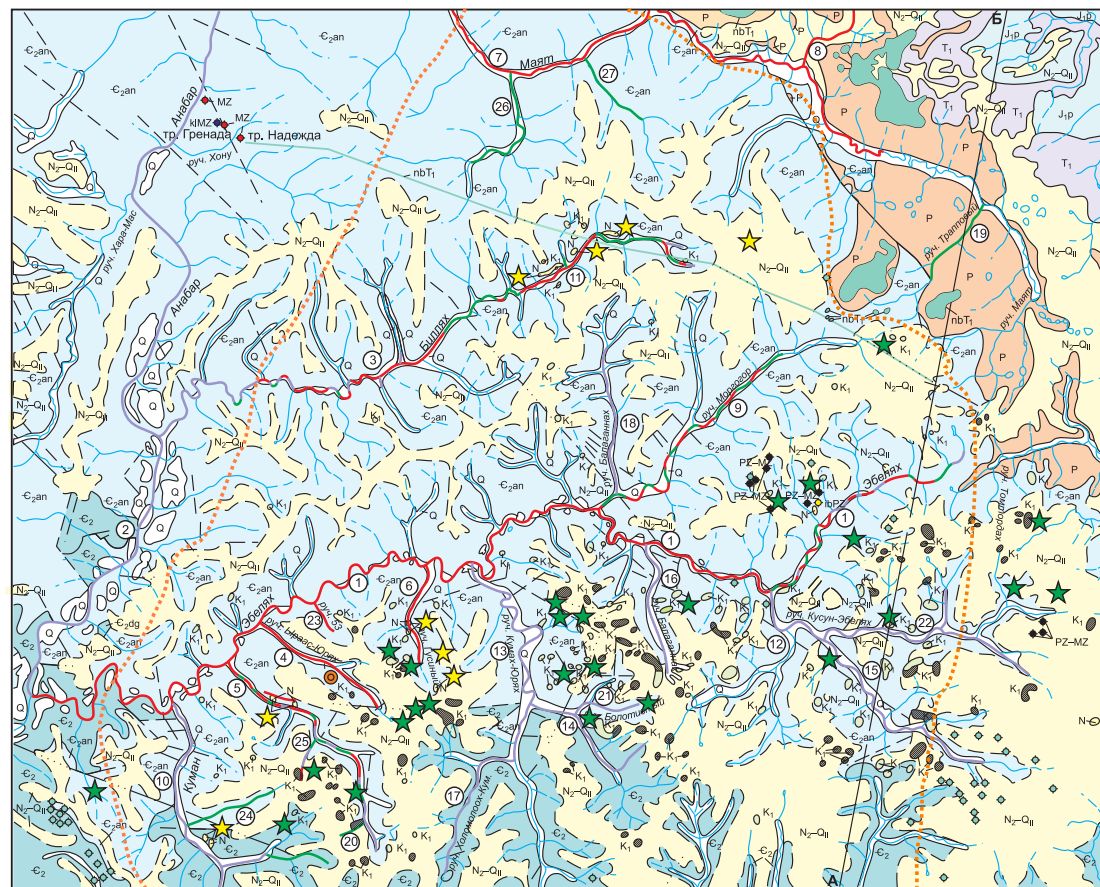


Рис. 1. Схема россыпной алмазности Эбеляхской площади

Россыпи: 1 — Эбелях; 2 — Анабар; 3 — Биллях; 4 — Ыраас-Юрях; 5 — Холололоох; 6 — Гусиный; 7 — Маят; 8 — Чуэрдү-Паастанга; 9 — Моргогор; 10 — Куман; 11 — Верхний Биллях (неогеновая); 12 — Кусун-Эбелях; 13 — Кумакх-Юрях; 14 — Лабазный; 15 — Ыраас-Юряге; 16 — Балаганнах; 17 — Холололоох-Кумакхский; 18 — Балаганнах-Моргогорский; 19 — Трапповый; 20 — лог 179; 21 — Болотистый; 22 — Унга-Салаа; 23 — руч. 53; 24 — руч. 30; 25 — руч. 34; 26 — Олом; 27 — Кула

Источник: по 1-6*

Fig. 1. Map of placer diamond occurrences in the Ebelyakh area

Placers: 1 — Ebelyakh; 2 — Anabar; 3 — Billyakh; 4 — Yraas-Yuryakh; 5 — Kholomolookh; 6 — Gusiny; 7 — Mayat; 8 — Chuerdu-Paastanga; 9 — Morgogor; 10 — Kuman; 11 — Upper Billyakh (Neogene); 12 — Kusun-Ebelyakh; 13 — Kumakh-Yuryakh; 14 — Labazny; 15 — Yraas-Yuryage; 16 — Balagannakh; 17 — Kholomolookh-Kumakh; 18 — Balagannakh-Morgogor; 19 — Trappovy; 20 — Gully 179; 21 — Bolotisty; 22 — Unga-Salaa; 23 — Stream 53; 24 — Stream 30; 25 — Stream 34; 26 — Olom; 27 — Kula

Источник: по 1-6**

* Подсчет запасов алмазов по Нижнему участку Эбеляхской россыпи на 1 января 1969 г. / Л. М. Зарецкий [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1969.

** Отчет Эбеляхской партии о результатах детальных геолого-поисковых работ на Средне-Эбеляхском объекте за 1973 г. / Ф. П. Плакин [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1974.

*** Отчет о результатах детальных поисков коренных и россыпных месторождений алмазов в бассейнах рр. Эбелях и Биллях / Ю. И. Грибун [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1977.

**** Подсчет запасов алмазов по Нижнему и Верхнему участкам Эбеляхской россыпи на 01.09.82 / Л. М. Зарецкий [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1982.

***** Отчет о результатах проведения предварительной разведки на участках Приустьевой и Верховье россыпи р. Эбелях, на россыпях ручьев Гусиный, Ыраас-Юрэх, 53 / С. А. Граханов [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1983.

***** Подсчет запасов алмазов по россыпям р. Эбелях и ручьев Гусиный и Ыраас-Юрэх по состоянию на 01.09.85 / С. А. Граханов [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1985.

1** Diamond reserve estimation for the lower section of the Ebelyakh placer as of January 1, 1969 / L. M. Zaretskiy [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1969.

2** Report of the Ebelyakh party on the detailed geological prospecting results at the Middle Ebelyakh site for 1973 / F. P. Plakin [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1974.

3** Report on the results of detailed exploration of primary and placer diamond deposits in the Ebelyakh and Billyakh River basins / Yu. I. Gribun [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1977.

4** Diamond reserve estimation for the lower and upper sections of the Ebelyakh placer as of 01.09.82 / L. M. Zaretskiy [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1982.

5** Report on preliminary exploration at the Priustevoy and Verkhovye of the Ebelyakh placer, and the Gusiny, Yraas-Yurekh, and stream placers no. 53 / S. A. Grakhanov [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1983.

6** Diamond reserve estimation for the Ebelyakh River placers, and Gusiny and Yraas-Yurekh stream placers as of September 1, 1985 / S. A. Grakhanov [et al.]. Nyurba: Amakin GEE, 1985.

пиrop и хромшпинелид встречаются значительно реже (1–2 знака на пробу). Сохранность минералов-индикаторов кимберлитов низкая, отсутствуют первичные магматогенные поверхности, уничтоженные гипергенными процессами.

В 2011 г. было проведено U-Pb датирование (SIMS SHRIMP, ЦИИ ВСЕГЕИ) восьми детритовых кристаллов циркона из конгломератов бассейна р. Ыраас-Юрях [4], обладающих субидиоморфными дипирамидально-призматическими формами и размером $100 \times 200\text{--}150 \times 400 \text{ мкм}$. В катодолюминесценции им характерно умеренно-яркое свечение, реже умеренное, и проявлена тонкая магматическая зональность, в некоторых кристаллах выделяются ядерная и краевая зоны роста (рис. 2, а). В широких пределах варьируют содержания U (72–437 г/т), Th (31–258 г/т) и отношение Th/U (0,22–1,33) (табл. 1).

Полученные возрасты восьми кристаллов следующие: протерозойский ($n = 3$), пермский ($n = 4$) и триасовый ($n = 1$) (табл. 1, рис. 2). Приведенные материалы опровергали каменноугольный возраст конгломератов, но наличие редких мезозойских датировок не позволяло окончательно решить данный вопрос.

В настоящей работе в пробе 32024, отобранной из того же материала, что и проба 610, исследовалось 29 кристаллов циркона, представленных светло-розовыми и белыми, прозрачными и полупрозрачными угловатыми обломками размером $200 \times 250\text{--}300 \times 400 \text{ мкм}$, иногда с сохранившимися реликтами призматических граней и более редкими крупными обломками размером $400 \times 600\text{--}800 \times 1000 \text{ мкм}$. В катодолюминесценции кристаллам свойственно умеренное, умеренно-яркое и редко темное свечение, отмечается тонкая магматическая зональность с элементами секториальности либо следы тонкой магматической зональности или секториального строения (рис. 3).

В результате U-Pb датирования были определены популяции циркона, широко варьирующие по возрастам, содержанию U, Th и отношению Th/U (табл. 2, рис. 3, 4): меловые (U 46 г/т, Th 64 г/т, Th/U 1,43), средне- и позднеюрские (U 75–179 г/т, Th 36–193 г/т, Th/U 0,5–2,21), ранне- и познетриасовые (U 29–48 г/т, Th 24–42 г/т, Th/U 0,5–1,28), ранне- и позднепермские (U 28–311 г/т, Th 6–355 г/т, Th/U 0,07–2), кембрийские (U 56 г/т, Th 47 г/т, Th/U 0,88), протерозойские (U 6–124 г/т, Th 17–72 г/т, Th/U 0,59–2,8).

Выделенные возрастные популяции циркона в большинстве случаев по содержанию U и/или Th либо по превышению значений Th относительно U не соответствуют кимберлитовому циркону (U 3–69 г/т, Th 0,84–48 г/т) [8; 9].

Юрские кристаллы циркона (№ 3.1; 5.1; 12.1; 13.1; 15.1; 23.1; 25.1) могут происходить из карбонатитов или карбонатизированных брекчий Орто-Ыаргинского и Старореченского полей, о чем свидетельствуют типичные им и не характерные для кимберлитового циркона повышенные содержания U и Th и отношение Th/U > 1. Полученные юрские возрасты 147,5–171,8 млн лет косвенно подтверждают их принадлежность к щелочно-ультрамафитовой формации, так как совпадают с возрастом 147–169 млн лет проявления тел вышеназванных полей [4; 10; 11].

Триасовые кристаллы по приведенным элементам-примесям могут относиться к кимберлитовым, но с большим сомнением, так как раннетриасовые кимберлитопоявления в регионе неизвестны, а познетриасовые кристаллы циркона имеют Th/U > 1. Возможно, дополнительные геохимические исследования кристаллов циркона в будущем позволят прояснить их генетическую принадлежность.

ОБСУЖДЕНИЕ

Рассматривая влияние продатированных конгломератов на россыпную алмазность в Эбеляхском районе, важно привести сравнительные характеристики тяжелой фракции, особенности состава минералов-индикаторов кимберлитов и алмазности продуктивных образований, что позволит продемонстрировать специфику разных источников и оценить вклад алмазносных коренных источников.

Основные россыпные месторождения алмазов Анабарского района приурочены к площадям развития кембрийских доломитов анабарской свиты (E_2an), что обусловлено их интенсивной закарстованностью, являющейся важным фактором при формировании россыпей [1; 12]. Доломиты перекрыты или включают крупные блоки выветрелых разностей, преобразованных в доломитовую муку. В мерзлом состоянии данные образования сохраняют структурно-текстурные особенности коренных пород, отличаясь лишь облегченным весом, а при нагревании рассыпаются в карбонатный песок.

В пределах анабарской свиты широко распространены эрозионно-карстовые депрессии и карстовые воронки глубиной до 200 м, заполненные слабоалмазносными нижнемеловыми континентальными образованиями или ураганно- и высокоалмазносным неогеновым аллювием (рис. 1, 5). В алмазносном районе вскрыто более 300 подобных депрессий на левобережье р. Эбелях [1]. Территориально с этими депрессиями хорошо согласуются находки в четвертичном делювии крупных глыб «каменноугольных» конгломератов. Карстовые воронки и палеодепрессии обладают овальной и удлиненно-овальной формой размером от 10×10 до 1000×200 м. Они заполнены светло-серыми песками с прослоями углей, песчанистыми глинами темно-серого и черного цветов с ключением крошки углей, рассеянной мелкой гальки и гравием карбонатных пород, кремней и кварца, реже галечниками [1]. Нижнемеловой возраст был определен по палинологическому анализу образцов (палинолог Л. Д. Петрова, лаборатория Тематической экспедиции Якутскгеологии), отобранных по всему разрезу палеодепрессии 81/74, расположенной на левом склоне р. Эбелях между ручьями Кумах-Юрях и Балаганнах¹. В общем составе спектра доминирует пыльца хвойных (скв. 81/42), в пяти образцах обнаружена пыльца покрытосеменных. Среди спор присутствуют: *Densiosporites velatus* Weyland et Krieger,

¹ Отчет о результатах детальных геолого-поисковых работ на алмазы в пределах междуречья Эбелях–Кумах-Юрях / В. М. Куницкий [и др.]. Нюрба : Амакинская ГРЭ, 1981.

Таблица 1

Результаты U-Pb (SIMS SHRIMP-II) датирования цирконов из конгломератов бассейна р. Ыраас-Юрях

Table 1. Results of U-Pb (SIMS SHRIMP-II) zircon dating from conglomerates of the Yraas-Yuryakh River basin

Номер точки анализа	$^{206}\text{Pb}_c/\%$	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	(1) Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет	(2) Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет	(1) Возраст $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, млн лет	D, %	(1) $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	\pm , %	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	\pm , %	(1) $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	\pm , %	(1) $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	\pm , %	Rho
610.2.1	12,49	72	67	0,96	2,47	228 ± 14	222 ± 5,2	—	—	27,80	6,1	0,072	62	0,36	62	0,036	6,1	0,099
610.8.1	5,29	72	86	1,23	2,58	255 ± 12	250 ± 7,9	—	—	24,80	4,7	0,067	43	0,37	43	0,0403	4,7	0,109
610.7.1	2,37	206	144	0,72	7,92	276 ± 5,4	276 ± 3,9	—	—	22,82	2,0	0,053	21	0,32	21	0,0438	2	0,095
610.5.1	2,50	262	258	1,02	10,3	283 ± 5,7	282 ± 4,7	—	—	22,27	2,1	0,055	18	0,34	18	0,04488	2,1	0,116
610.1.1	3,04	132	170	1,33	5,33	286 ± 7,4	287 ± 4,6	—	—	22,06	2,7	0,05	35	0,31	35	0,0453	2,7	0,075
610.7.2	1,94	245	160	0,67	9,67	286 ± 5	284 ± 4	—	—	22,06	1,8	0,0579	16	0,36	16	0,0453	1,8	0,112
610.1.2	2,74	131	152	1,20	5,34	290 ± 10	292 ± 4,7	—	—	21,70	3,6	0,049	52	0,31	52	0,0461	3,6	0,069
610.6.1	0,51	437	92	0,22	120	1783 ± 19	1776 ± 21	1843 ± 19	3	3,13	1,2	0,1127	1,0	4,94	1,6	0,3186	1,2	0,760
610.3.1	0,97	127	46	0,39	33,9	1779 ± 20	1770 ± 22	1858 ± 32	4	3,14	1,3	0,1136	1,8	4,98	2,2	0,3178	1,3	0,593
610.3.2	2,01	131	60	0,48	32,7	1638 ± 19	1612 ± 20	1883 ± 31	15	3,45	1,3	0,1152	1,7	4,60	2,2	0,2893	1,3	0,599
610.4.1	0,61	86	31	0,37	25,2	1880 ± 23	1879 ± 25	1903 ± 51	1	2,95	1,4	0,1165	2,8	5,44	3,2	0,3386	1,4	0,440

Примечание. $^{206}\text{Pb}_c$ и $^{206}\text{Pb}^*$ — общий и радиогенный свинец. Погрешность калибровки стандарта 0,47 %. (1) — поправка на общий свинец проведена по измеренному ^{204}Pb . (2) — общий Pb скорректирован с учетом конкордантного возраста $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Погрешности вычисленных возрастов приводятся на уровне 1 σ . D — коэффициент дискордантности $100 \times ((\text{возраст } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / (\text{возраст } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) - 1)$. Rho — коэффициент корреляции погрешностей отношений $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$

Источник: по [4]

Note. $^{206}\text{Pb}_c$ and $^{206}\text{Pb}^*$ — common and radiogenic lead. Standard error of calibration 0.47 %. (1) — common lead correction for the measured ^{204}Pb . (2) — common lead correction, with $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ age-concordance included. The calculated age errors correspond to level 1 σ . D — discordance coefficient $100 \times ((\text{age } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / (\text{age } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) - 1)$. Rho — correlation coefficient of error ratios $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$

Source: from [4]

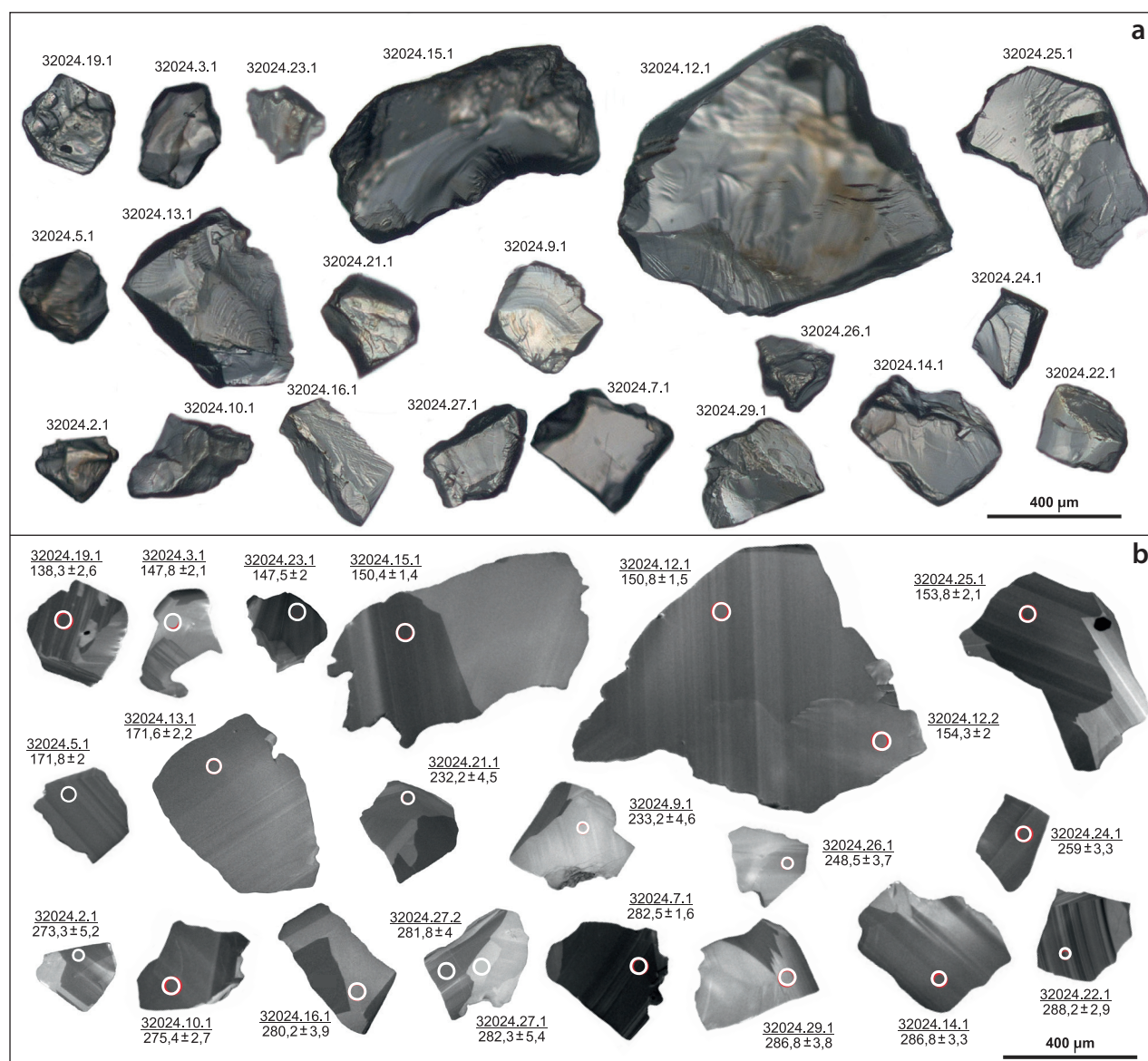


Рис. 3. Морфология датированных мезозойских и палеозойских кристаллов циркона в проходящем свете (а) и катодоллюминесценции (б) с аналитическими точками (проба 32024)

Fig. 3. Transmitted light images (a) and cathodoluminescence images (b) of dated Mesozoic and Paleozoic zircon crystals, with analytical points included (sample 32024)

Pteris cretacea Chlonova, *Stenozonotriletes spurius* Bolch., *Stenozonotriletes elatus* Fradkina, *Kuylisporites lunaris* Cook. et Dett., *Divisisporites euskirchenensis* Thomson, *Rouseisporites reticulatus* Pocock.

Положение продатированных конгломератов остается под вопросом (рис. 5), поскольку эти породы обнаружены только в виде глыб и не установлены в коренном залегании. По результатам бурения сотен скважин, вскрывших полные разрезы нижнемеловых образований палеодепрессий, они не были установлены. Повсеместно рассматриваемые конгломераты фиксируются в делювиально-солифлюкционных образованиях, залегающих на кембрийских доломитах анабарской свиты и чаще всего в нижней части склонов долин. В днище долины р. Кумах-Юрях (левый приток р. Эбелях) зафиксированы неокатаные глыбы конгломератов, гравелитов и песчаников

размером до 2,0 × 0,7 м. Предполагается, что в меловое время в Анабарском районе после формирования и заполнения меловых эрозионно-карстовых депрессий продуктами алмазоносных кор выветривания произошла кратковременная морская трансгрессия. В результате кембрийские и меловые породы депрессий были перекрыты прибрежно-морскими кварцевыми конгломератами, гравелитами и песчаниками (рис. 5, а), которые в кайнозое при формировании современных долин были эродированы. В настоящее время реликты рассматриваемых образований мы фиксируем в делювиальных отложениях склонов современных долин (рис. 5, б).

Нижнемеловые отложения, выполняющие палеодепрессии, существенно отличаются от исследованных конгломератов циркон-альмандиновой минералогической ассоциацией (циркон — 18,3 %

Таблица 2

Результаты U-Pb (SIMS SHRIMP-II) датирования цирконов из конгломератов бассейна р. Ыраас-Юрх

Table 2. Results of U-Pb (SIMS SHRIMP-II) zircon dating from conglomerates of the Yraas-Yuryakh River basin

Номер точки анализа	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, %	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет (1)	Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет (2)	Возраст $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, млн лет (1)	D, %	(1) $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$, ±, %	(1) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^*$, ±, %	(1) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, ±, %	(1) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, ±, %	Rho
32024.19.1	4,47	46	64	1,43	0,91	139,8 ± 4,5	138,3 ± 2,6	509 ± 840	264	45,60	0,0570	0,17	0,0219	0,084
32024.3.1	2,67	76	97	1,32	1,53	145,5 ± 3,0	147,8 ± 2,1	-601 ± 990	-513	43,79	0,0360	0,12	0,0228	0,058
32024.23.1	0,95	98	193	2,03	1,99	149,2 ± 2,0	147,5 ± 2,0	537 ± 250	260	42,72	0,0580	0,19	0,0234	0,116
32024.15.1	1,08	179	185	1,07	3,68	150,7 ± 1,6	150,4 ± 1,4	222 ± 250	48	42,28	0,0510	0,17	0,0237	0,100
32024.12.1	1,34	137	145	1,09	2,84	151,4 ± 1,9	150,8 ± 1,5	296 ± 290	95	42,09	0,0520	0,17	0,0238	0,098
32024.25.1	2,49	75	36	0,50	1,62	155,2 ± 3,0	153,8 ± 2,1	474 ± 480	205	41,03	0,0570	0,19	0,02437	0,092
32024.13.1	1,95	86	183	2,21	2,03	171,6 ± 2,8	171,6 ± 2,2	172 ± 470	0	37,07	0,0495	0,184	0,02698	0,082
32024.5.1	1,70	102	95	0,97	2,41	172,6 ± 2,6	171,8 ± 2,0	355 ± 350	106	36,84	0,0536	0,201	0,02714	0,096
32024.9.1	3,41	33	42	1,28	1,11	235,3 ± 6,5	233,2 ± 4,6	533 ± 630	126	26,90	0,0580	0,298	0,0372	0,097
32024.21.1	2,06	29	35	1,24	0,95	236,6 ± 5,4	232,2 ± 4,5	803 ± 380	240	26,75	0,0660	0,34	0,03738	0,128
32024.26.1	2,47	48	24	0,50	1,69	250,8 ± 5,0	248,5 ± 3,7	555 ± 470	121	25,20	0,0590	0,321	0,03968	0,094
32024.24.1	1,41	77	123	1,64	2,75	258,7 ± 3,8	259,0 ± 3,3	222 ± 320	-14	24,42	0,0506	0,286	0,04095	0,107
32024.2.1	3,82	28	40	1,49	1,07	273,8 ± 8,0	273,3 ± 5,2	331 ± 810	21	23,05	0,0530	0,32	0,0434	0,083
32024.16.1	2,24	88	99	1,16	3,39	277,5 ± 3,7	275,4 ± 2,7	534 ± 290	92	22,73	0,0581	0,332	0,04399	0,101
32024.27.2	2,27	44	86	2,01	1,74	284,4 ± 5,4	281,8 ± 4,0	585 ± 410	106	22,17	0,0590	0,37	0,04451	0,103
32024.27.1	3,32	30	42	1,42	1,20	282,3 ± 7,2	282,3 ± 5,4	288 ± 780	2	22,34	0,0520	0,32	0,0448	0,076
32024.7.1	0,48	311	355	1,18	12,0	282,8 ± 2,0	282,5 ± 1,6	319 ± 170	13	22,30	0,0528	0,326	0,04484	0,096
32024.29.1	2,05	47	25	0,54	1,88	286,3 ± 5,0	286,8 ± 3,8	221 ± 470	-23	22,02	0,0510	0,317	0,04542	0,089
32024.14.1	1,13	89	92	1,07	3,54	287,6 ± 3,7	286,8 ± 3,3	391 ± 240	36	21,92	0,0545	0,343	0,04563	0,122
32024.22.1	1,19	88	6	0,07	3,50	287,8 ± 3,5	288,2 ± 2,9	234 ± 270	-19	21,91	0,0508	0,32	0,04565	0,104
32024.20.1	1,10	56	47	0,88	3,84	492,2 ± 6,6	489,7 ± 6,0	646 ± 200	31	12,60	0,0612	0,67	0,0793	0,149
32024.17.1	2,52	6	17	2,80	0,701	763 ± 24	742 ± 21	1372 ± 330	80	7,96	0,0880	1,52	0,1256	0,191
32024.1.1	0,50	112	62	0,57	31	1800 ± 11	1795 ± 12	1838 ± 26	2	3,10	0,1124	4,99	0,322	0,446
32024.4.1	0,86	44	27	0,63	12,4	1815 ± 16	1800 ± 17	1819 ± 48	1	3,10	0,1112	4,94	0,3225	0,356
32024.6.1	0,31	62	59	0,99	17,3	1815 ± 13	1811 ± 14	1851 ± 34	2	3,07	0,1132	1,9	0,3253	0,398
32024.8.1	0,37	83	66	0,83	23,3	1821 ± 149	1820 ± 14	1832 ± 49	1	3,06	0,1120	2,7	0,3264	0,300
32024.28.1	0,27	124	72	0,60	35,3	1844 ± 8,9	1844 ± 10	1846 ± 20	0	3,02	0,1128	1,1	0,3312	0,441
32024.18.1	0,41	58	33	0,59	16,5	1847 ± 15	1847 ± 17	1846 ± 32	0	3,01	0,1128	1,8	0,3318	0,460
32024.11.1	0,35	30	31	1,07	9,36	1999 ± 21	2002 ± 25	1980 ± 38	-1	2,75	0,1216	6,09	0,3635	0,506

Примечание. $^{206}\text{Pb}_c$ и $^{206}\text{Pb}^*$ — общий и радиогенный свинец. Погрешность калибровки стандарта 0,26%. (1) — поправка на общий свинец проведена по измеренному ^{204}Pb . (2) — общий Pb скорректирован с учетом конкордантного возраста $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Погрешности вычисленных возрастов приводятся на уровне 1σ. D — коэффициент дискордантности $100 \times ((\text{возраст } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/(\text{возраст } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$. Rho — коэффициент корреляции погрешностей отношений $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$

Note. $^{206}\text{Pb}_c$ and $^{206}\text{Pb}^*$ — common and radiogenic lead. Standard error of calibration 0.26%. (1) — common lead correction for the measured ^{204}Pb . (2) — common lead correction, with $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ age-concordance included. The calculated age errors correspond to level 1σ. D — discordance coefficient $100 \times ((\text{age } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/(\text{age } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$. Rho — correlation coefficient of error ratios $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$

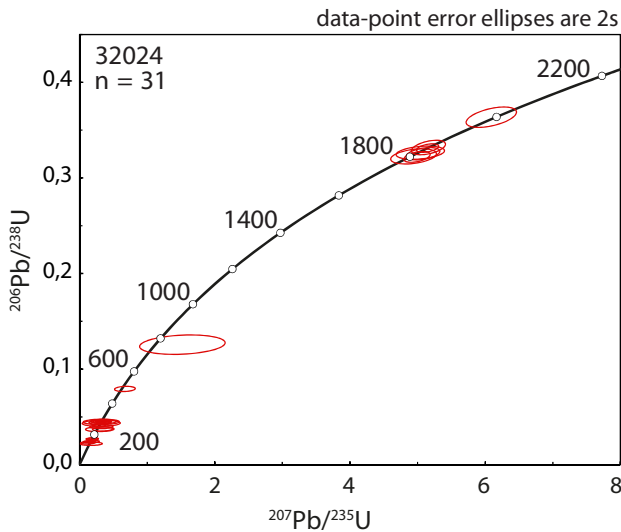


Рис. 4. Диаграмма с конкордией для кристаллов циркона из алмазосодержащих конгломератов р. Ыраас-Юрях (проба 32024)

Fig. 4. Concordia diagram for zircon crystals from diamond-bearing conglomerates of the Yraas-Yuryakh River (sample 32024)

альмандин — 67,6 %). В небольшом количестве присутствуют рутил (4,7 %), ставролит (3,6 %), ильменит (2,4 %) и магнетит (1,5 %). Только грубые разновидности отложений содержат сильно изношенные или с развитыми гипергенными поверхностями минералы-индикаторы кимберлитов, преимущественно

пикроильменит, реже — знаки пироба и циркона. В свою очередь, в рассматриваемых конгломератах доминирует устойчивая циркон-ильменитовая минералогическая ассоциация.

Характеристика составов минералов-индикаторов кимберлитов приведена для конгломератов

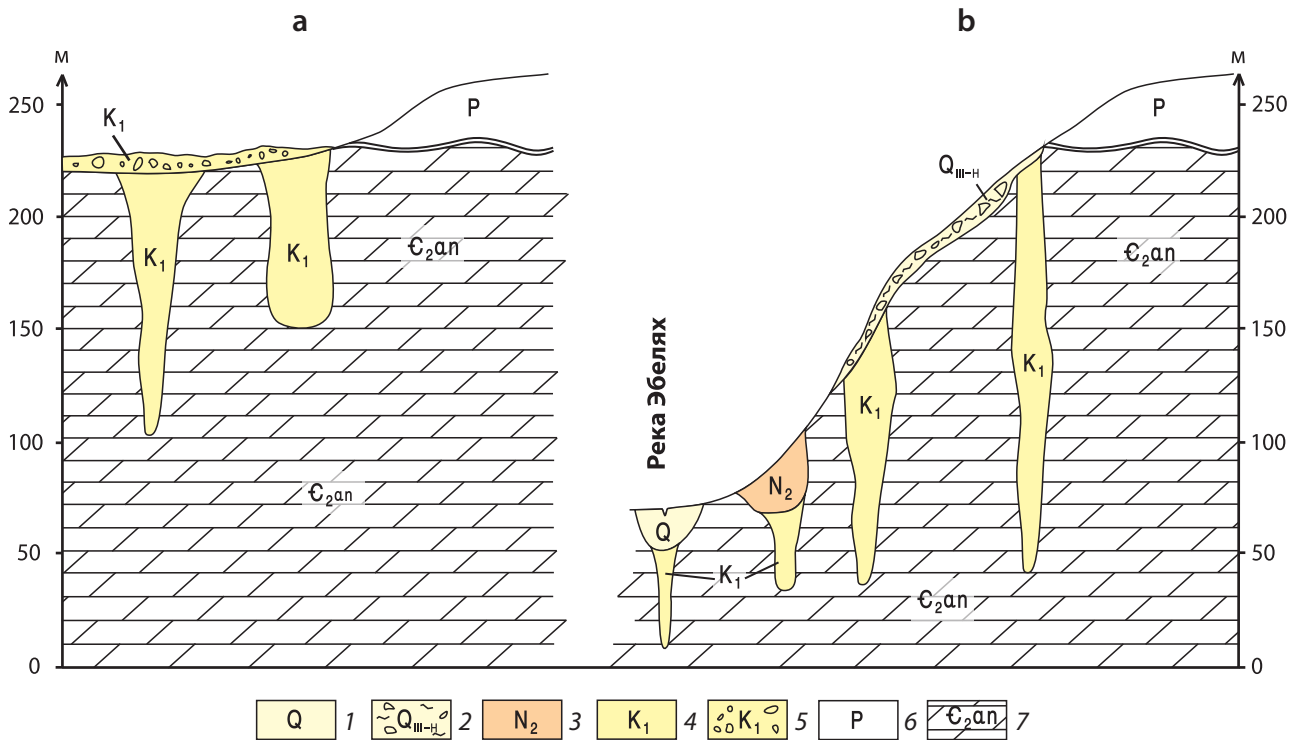


Рис. 5. Палеогеографический разрез формирования долины р. Эбелях

a — раннемеловое время, **b** — голоцен: 1 — четвертичный алмазосодержащий аллювий р. Эбелях; 2 — делювиально-солифлюкционные образования с глыбами алмазосодержащих конгломератов; 3 — неогеновый алмазосодержащий аллювий карстовых воронок; 4 — раннемеловые образования эрозионно-карстовых депрессий; 5 — предполагаемое положение прибрежно-морских конгломератов в раннем меле; 6 — пермские отложения; 7 — анабарская свита среднего кембрия, доломиты, выветрелые доломиты, доломитовая мука

Fig. 5. Paleogeographic cross-section of the Ebelyakh River valley formation

a — Early Cretaceous, **b** — Holocene: 1 — Quaternary diamond-bearing alluvium of the Ebelyakh River; 2 — deluvial-solifluction deposits with diamond-bearing conglomerate blocks; 3 — Neogene diamond-bearing alluvium of karst funnels; 4 — Early Cretaceous deposits of erosional-karst depressions; 5 — expected location of the Early Cretaceous coastal-marine conglomerates; 6 — Permian deposits; 7 — Middle Cambrian Anabar Formation, dolomites, weathered dolomites, dolomitic flour

бассейнов рек Эбелях, Биллях, Маят, Масапки и их притоков, а также для алмазоносных аллювиальных россыпей р. Эбелях, руч. Гусиный, р. Маят и россыпей Верхний Биллях.

Выборка пиропов из конгломератов бассейнов р. Эбелях и притоков рек Эбелях, Биллях, Маят (рис. 6) характеризуется повышенным содержанием зерен алмазоносного дунит-гарцбургитового парагенезиса (13 %), значительно отличающимся от количества пиропов данного парагенезиса из алмазоносного аллювия р. Эбелях (2,4%), и присутствием редких знаков пиропов эклогитового парагенезиса (SiO_2 — 42,5, 42,34; TiO_2 — 0,97, 0,72; Al_2O_3 — 20,55, 21,9; MgO — 20,78, 19,19; CaO — 7,57, 4,83; FeO — 8,12, 11,72; Cr_2O_3 — 0,22, 0,15; MnO — 0,19, 0,43 %). Очевидно, что прибрежно-морские конгломераты, учитывая их устойчивый минералогический состав, питались исключительно за счет кор выветривания, где неустойчивые эклогитовые гранаты были уничтожены, а накапливались устойчивые высокохромистые пиропы алмазной ассоциации. Следует отметить неболь-

шое количество проанализированных зерен, однако общая тенденция очевидна.

Составы шпинелидов из конгломератов бассейнов р. Эбелях и ее притоков Кумах-Юрях и Холомолоох по соотношениям Cr_2O_3 к Al_2O_3 и TiO_2 образуют пикритовые и перидотитовые тренды, типичные для шпинелидов из кимберлитов (рис. 7). По содержанию Cr_2O_3 составы варьируют от хромшпинелидов алмазхромитовой ассоциации (Cr_2O_3 61,15–63,24 %) до низкохромистых шпинелидов (Cr_2O_3 13,13–15,65 %). Интересным представляется присутствие в достаточно большой выборке составов ($n = 187$) всего лишь двух зерен, близких к алмазхромитовой ассоциации, что, вероятно, отражает специфику коренного источника.

Пикроильмениты из конгломератов бассейнов р. Эбелях и ее притоков, рек Масапки, Биллях, Маят и ее притока Олом имеют широко варьирующие составы по MgO от 4 до 18 % и Cr_2O_3 от 0 до 7,2 % (рис. 8). Содержание MnO находится на уровне примеси в интервале 0,04–0,2 %. Относительно меньшей

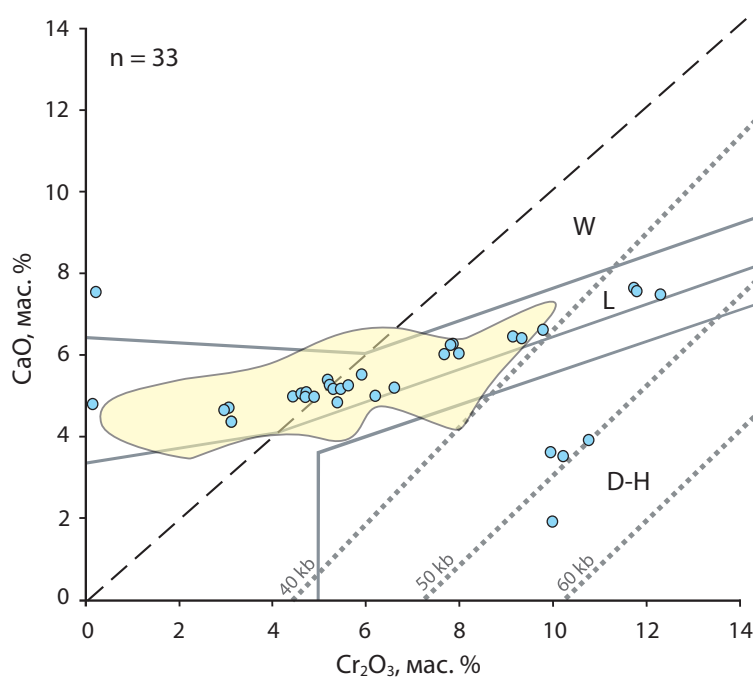


Рис. 6. Соотношение содержания Cr_2O_3 и CaO в пиропе из конгломератов бассейнов р. Эбелях с притоками Кусун-Эбелях, Кумах-Юрях, с притоком р. Биллях — Тигликит, с притоком р. Маят — Олом

Составы пиропов из конгломератов*. Желтое поле — составы пиропов из алмазоносного аллювия р. Эбелях ($n = 205$). Парагенезисы пиропов: D-H — дунит-гарцбургитовый; L — лерцолитовый; W — верлитовый
Источник: составы пиропов — по [1], парагенезисы пиропов — по [13]

Fig. 6. Ratio of Cr_2O_3 and CaO contents in pyropes from conglomerates of the Ebelyakh River basin and its tributaries of Kusun-Ebelyakh and Kumakh-Yuryakh, the Tiglikit tributary of the Billyakh River, and Olom tributary of the Mayat River

Pyrope compositions from the conglomerates**. The yellow field indicates pyrope compositions from the diamondiferous alluvium of the Ebelyakh River ($n = 205$). Pyrope parageneses: D-H — dunite-harzburgite; L — lherzolite; W — wehrlite
Source: pyrope compositions — from [1], pyrope parageneses — from [13]

*Геология и вещественный состав нижнекаменноугольных отложений Эбеляхской площади в связи с проблемой коренной алмазности (отчет по теме № 69) / М. В. Михайлов [и др.]. СПб.: ВСЕГЕИ, 1995.

** Geology and material composition of the Lower Carboniferous deposits of the Ebelyakh area in relation to the primary diamond potential problem (report on topic no. 69) / M. V. Mikhailov [et al.]. St. Petersburg: VSEGEI, 1995.

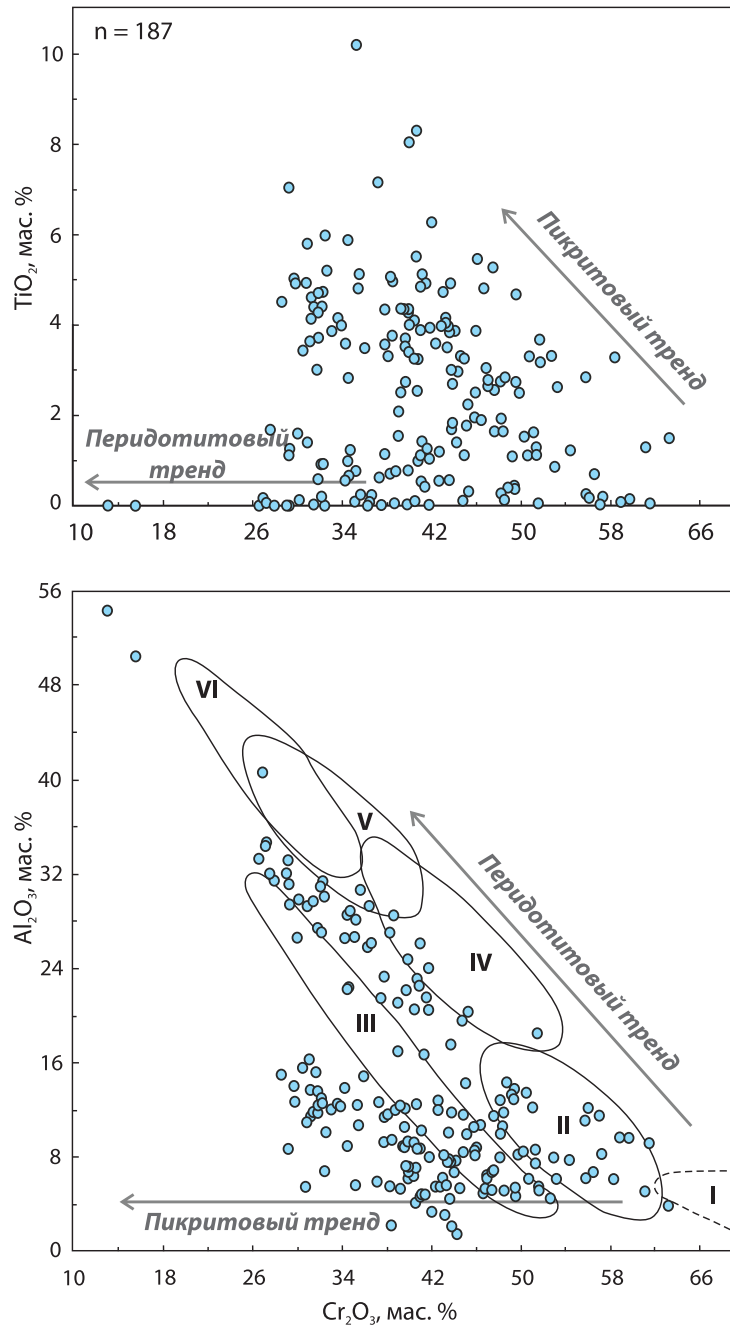


Рис. 7. Состав шпинелидов в координатах Cr₂O₃–Al₂O₃, TiO₂ (мас. %) из конгломератов бассейнов р. Эбелях и ее притоков Кумах-Юрях и Холомолоох

Составы шпинелидов из конгломератов*. Поля составов шпинелидов ультрамафитовых ксенолитов из кимберлитов: I — алмаз-хромитовая ассоциация; II — коэситовая; III — гроспидитовая; IV — катаклазированных дунитов; V — шпинель-пироповая; VI — верлитовая

Источник: поля составов шпинелидов — по [13; 14]

Fig. 7. Composition of spinel-group minerals in Cr₂O₃–Al₂O₃ and TiO₂ (wt. %) coordinates from conglomerates of the Ebelyakh River basin and its tributaries of Kumakh-Yuryakh and Kholomolookh

Spinel compositions from the conglomerates**. Fields of spinel compositions from ultramafic xenoliths in kimberlites: I — diamondiferous chromite association; II — coesite-bearing association; III — grosspyrite association; IV — cataclastic dunites; V — spinel-pyrope association; VI — wehrlite association

Source: fields of spinel compositions — from [13; 14]

*Геология и вещественный состав нижнекаменноугольных отложений Эбеляхской площади в связи с проблемой коренной алмазности (отчет по теме № 69) / М. В. Михайлов [и др.]. СПб. : ВСЕГЕИ, 1995.

**Geology and material composition of the Lower Carboniferous deposits of the Ebelyakh area in relation to the of primary diamond potential problem (report on topic no. 69) / M. V. Mikhailov [et al.]. St. Petersburg: VSEGEI; 1995.

вариацией приведенных оксидов характеризуется выборка пикроильменитов из алмазоносных россыпей Верхний Биллях, руч. Гусиный и р. Маят: MgO от 4 до 15 % и Cr₂O₃ от 0 до 4,5 %, что, возможно, связано с относительно наименьшим количеством анализов. По соотношениям MgO к Cr₂O₃ и TiO₂ рассматриваемые пикроильмениты из конгломератов и алмазоносных россыпей в большинстве случаев соответствуют пикроильменитам из кимберлитов. Популяция пикроильменитов из конгломератов отличается присутствием разновидностей (2,4 % от выборки) с низким Fe₂O₃ (0–5 %), условно подразделяющихся на средне- (Cr₂O₃ 1,5–4,6 %; MgO 9,8–13,5 %) и низкохромистые (Cr₂O₃ 0,06–1,3 %; MgO 7,8–13,3 %), соответствующие умеренно- и высокоалмазоносному коренному источнику по содержаниям Fe₂O₃ и MgO согласно данным J. J. Gurney & P. Zweistra [15]. Составы среднехромистых пикроильменитов по уровню окисного железа, окиси магния и хрома сопоставимы с составами пикроильменитов из включений в алмазах и алмазоносных перидотитах [16].

Типоморфные особенности алмазов и их соотношение по разновидностям в разных фациальных образованиях района являются важной характеристикой для вывода об однотипности коренного источника промышленных россыпей.

Следует отметить, что комплексная изученность типоморфных особенностей алмазов всех промышленных россыпей и промежуточных коллекторов Анабарского района очень высокая. Только из россыпи Эбелях известным алмазником В. И. Коптилем (Амакинская экспедиция) было изучено 19 217 кристаллов, из ее притоков — по 2–4 тыс., из россыпи Биллях — более 7 тыс. кристаллов, из неогеновых россыпей — более 5 тыс., из меловых — 141 кристалл, из домеловых кор выветривания бассейна р. Эбелях — 283 кристалла [1; 18; 19]. Согласно генетической классификации алмазов Ю. Л. Орлова [20], в меловых отложениях палеодепрессий алмазы I разновидности составляют 58,2 %, а суммарное содержание камней V и VII разновидностей — 35,5 %. В русловой россыпи р. Эбелях данные разновидности составляют 62,9 и 30 % соответственно. Средний вес одного кристалла из меловых россыпей несколько ниже (15,4 мг), чем в россыпи р. Эбелях (19,9 мг). В меловых палеодепрессиях камни V + VII разновидностей и ламинарные алмазы изношены, а на алмазах уральского и жильного типа I разновидности износ отсутствует. Однако если ламинарные алмазы изношены незначительно, то процент окатанности камней эбеляхского типа (V + VII) достигает 24 % (табл. 3). В современных россыпях Эбелях, Биллях и Маят алмазы всех разновидностей изношены, с общей тенденцией уменьшения износа к истокам рек и исчезновением износа кристаллов ламинарного, уральского и жильного типов в россыпи Юлегир (левый приток р. Уджа) и, в свою очередь, высоким износом камней эбеляхского типа [1]. Парадоксально, но на Эбеляхской площади износ одноименных алмазов максимален, что может указывать на значительную удаленность их коренного источника от этой площади (табл. 3).

По кристалломорфологическим особенностям алмазы из нижнемеловых пород эрозионно-карстовых депрессий имеют типичный «северный» спектр и близки к кристаллам четвертичных россыпей бассейна р. Эбелях. По степени окатанности можно прогнозировать частичное поступление в палеодепрессии алмазов из кимберлитовых источников низкой и средней продуктивности (аналог тр. Малокуонапская).

Алмазы в конгломератах обнаружены в единичных знаках. Это объясняется слабой изученностью и отсутствием технологии обогащения литифицированных кварцевых конгломератов. В настоящее время найден один ламинарный кристалл I разновидности (по Ю. Л. Орлову) и крупный алмаз VII разновидности.

Алмазы в меловых отложениях встречаются в крайне низких концентрациях, не достигающих промышленных значений (табл. 4, рис. 9), и уровень алмазоносности в палеодепрессиях, расположенных на склонах и водоразделах, в среднем составляет 0,067 кар/м³. В отличие от современных аллювиальных россыпей, где максимальные концентрации алмазов тяготеют к валунно-галечным образованиям, алмазоносность меловых отложений не зависит от литологического состава: в глинистых породах значения алмазоносности варьируют от 0,001 до 0,263 кар/м³, в песчано-глинистых — 0,001 и 0,183 кар/м³ соответственно, в песчаных — от 0,015 до 0,382 кар/м³ [1]. Это объясняется делювиально-пролювиальным генезисом данных образований, которые были сформированы из продуктов алмазоносных домеловых кор выветривания, широко развитых на карбонатном кембрийском цоколе в регионе. Максимальные содержания алмазов встречаются в долинах рек, где породы мела перекрыты более молодым голоценовым аллювием. В данном случае это русла современных рек: Эбелях — 0,64 кар/м³; Ыраас-Юрях — 0,38 кар/м³; левые притоки р. Эбелях — руч. 53 — 3,67 кар/м³; уч. Исток р. Эбелях — 0,30 кар/м³ [1]. По мнению авторов, повышенная алмазоносность меловых осадков может быть обусловлена проникновением части алмазов в меловой плотик при формировании современных россыпей (рис. 9).

Убогие значения алмазоносности еще можно объяснить тем, что в изученных разрезах нижнемеловых пород отсутствуют грубые аллювиальные фации. При их обнаружении не исключена повышенная алмазоносность пород мела, по аналогии с неогеновыми россыпями. Примечательно, что в меловых образованиях алмазы содержатся даже в таких потенциально непродуктивных осадках, как пески, алевролиты, глины.

Алмазоносность четвертичных и неогеновых промышленных россыпей Эбеляхской площади обусловлена значительным постмеловым эрозионным срезом слабоалмазоносных домеловых кор выветривания, всего разреза меловых образований эрозионно-карстовых депрессий и ее верхней части, сохранившейся сегодня в виде глыб конгломератов в делювиальных образованиях (рис. 5). Даже при низкой концентрации алмазов (табл. 4) в меловых образованиях (0,025 кар/м³) при постмеловом

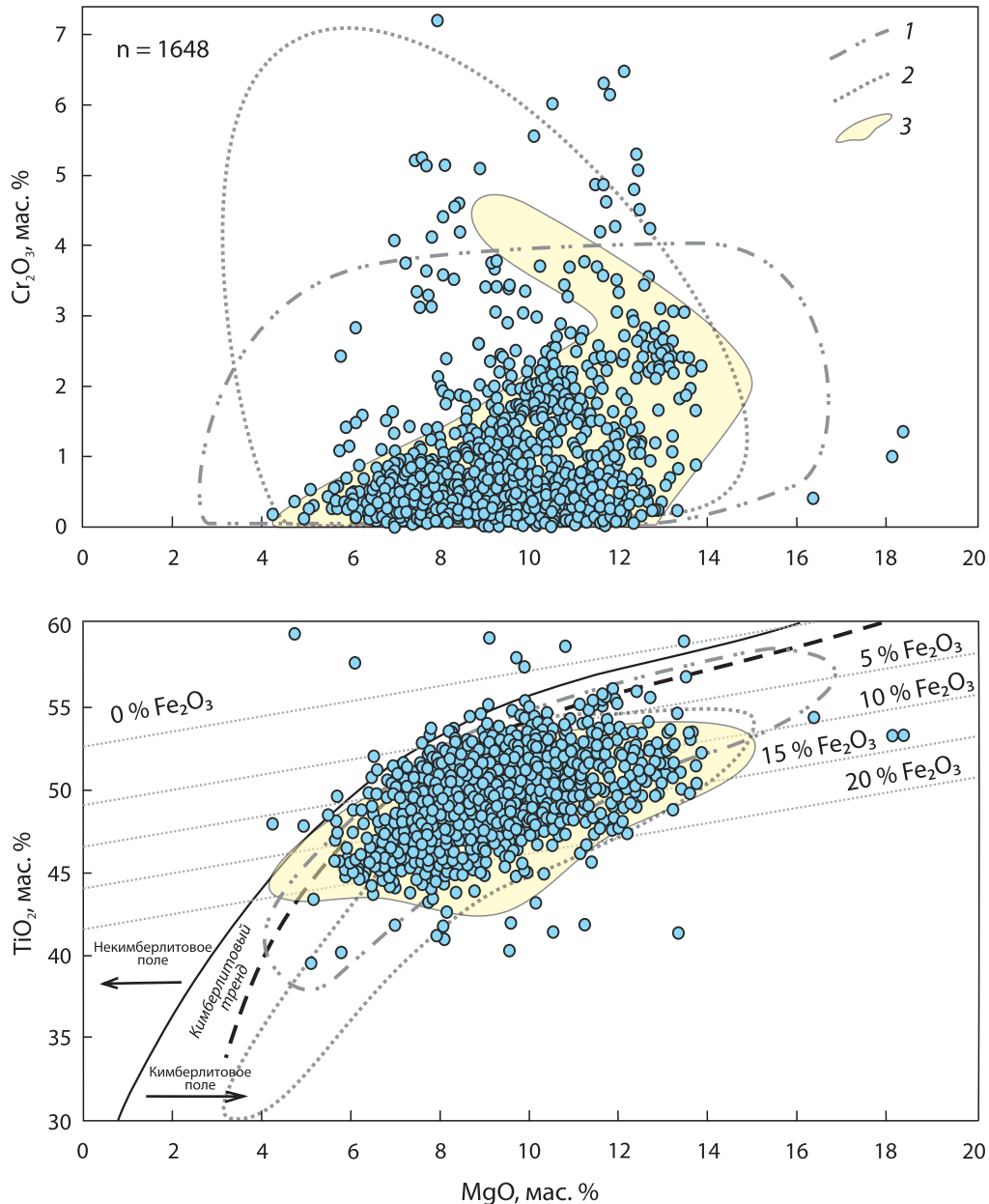


Рис. 8. Распределение $\text{MgO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$, TiO_2 (мас. %) в пикроильменитах из конгломератов бассейнов р. Эбелях с притоками Кусун-Эбелях, Кумах-Юрях, ыраас-Юрях, Холомолоох, рек Маспаки, Биллях, Маят и ее притока Олом

Составы пикроильменитов из конгломератов*. Границы: кимберлитового и некимберлитового полей, пикроильменитов из кимберлитов гр. 1 Юж. Африки (1) и России, трубок Удачная и Мир (2); 3 — область составов пикроильменитов из алмазоносных россыпей Верхний Биллях (n = 89), руч. Гусиный (n = 102), р. Маят (n = 42)

Источник: 1, 2 — по [17], 3 — по [1]

Fig. 8. Distribution of $\text{MgO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ and TiO_2 (wt. %) in picroilmenites from conglomerates of the Ebelyakh River basin, including its tributaries of Kusun-Ebelyakh, Kumakh-Yuryakh, Yraas-Yuryakh, Kholomolookh, Maspaki River, Billyakh River, Mayat River, and its tributary Olom

Picroilmenite compositions from the conglomerates**. Boundaries of kimberlitic and non-kimberlitic fields, as well as compositions of picroilmenites from Group 1 kimberlites of South Africa (1) and Russia, Udachnaya and Mir pipes (2); 3 — composition field of picroilmenites from the Upper Billyakh diamondiferous placers (n = 89), Gusiny Stream (n = 102), and Mayat River (n = 42)

Source: 1, 2 — from [17], 3 — from [1]

* Геология и вещественный состав нижнекаменноугольных отложений Эбеляхской площади в связи с проблемой коренной алмазности (отчет по теме № 69) / М. В. Михайлов [и др.]. СПб. : ВСЕГЕИ, 1995.

** Geology and material composition of the Lower Carboniferous deposits of the Ebelyakh area in relation to the of primary diamond potential problem (report on topic no. 69) / M. V. Mikhailov [et al.]. St. Petersburg: VSEGEI; 1995.

Окатанность алмазов из различных типов первичных источников
Table 3. Degree of diamond roundness from various types of primary sources

№ п/п	Наименование россыпи	Всего описано	Типы первичных источников, всего алмазов, шт./износ, %			
			ламинарный	уральский	жильный	эбеляхский
1	Эбелях (уч. Приустьевой)	1756	315/4,1	239/9,6	302/7,0	621/23,3
2	Эбелях (уч. Исток)	612	69/4,3	123/4,9	144/6,9	211/20,4
3	Гусиный, приток Эбеляха	1043	167/6,6	72/8,3	200/7,0	506/22,1
4	Ыраас-Юрэх, приток Эбеляха	1115	142/9,2	90/12,2	149/14,8	645/27,8
5	Холомолоох, приток Эбеляха	845	78/25,6	80/17,5	166/21,7	496/49,2
6	Биллях	1079	235/5,5	197/3,0	208/2,4	307/15,3
7	Маят	201	19/15,8	50/4,0	40/5,0	70/42,8
8	Юлегир	148	14/0,0	53/0,0	24/0,0	36/25,0
9	Неоген, приток Эбеляха руч. Гусиный	402	101/6,9	40/10,0	63/7,9	167/22,8
10	Неоген в долине р. Биллях	700	123/18,7	120/10,8	257/10,1	138/32,6
11	Мел в долине р. Эбелях	141	34/8,8	22/0,0	17/0,0	50/24,0

Источник: по [1]

Source: from [1]

Алмазоносность нижнемеловых отложений в эрозионно-карстовых депрессиях бассейна р. Эбелях
Table 4. Diamond content of the Lower Cretaceous deposits in erosional-karst depressions of the Ebelyakh River basin

Объем опробования в плотном теле (по маркшейдерским замерам), м ³	Извлечено алмазов, шт./мг	Содержание алмазов, кар/м ³		
		максимальное по пробам	среднее	
			по пробам с алмазами	по всем пробам
1396,8	406/6945,5	0,64–3,67	0,06	0,025

Источник: по 1–6*

Source: from 1–6**

^{1*} Подсчет запасов алмазов по Нижнему участку Эбеляхской россыпи на 1 января 1969 г. / Л. М. Зарецкий [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1969.

^{2*} Отчет Эбеляхской партии о результатах детальных геолого-поисковых работ на Средне-Эбеляхском объекте за 1973 г. / Ф. П. Плакин [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1974.

^{3*} Отчет о результатах детальных поисков коренных и россыпных месторождений алмазов в бассейнах рр. Эбелях и Биллях / Ю. И. Гривун [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1977.

^{4*} Подсчет запасов алмазов по Нижнему и Верхнему участкам Эбеляхской россыпи на 01.09.82 / Л. М. Зарецкий [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1982.

^{5*} Отчет о результатах проведения предварительной разведки на участках Приустьевой и Верховье россыпи р. Эбелях, на россыпях ручьев Гусиный, Ыраас-Юрэх, 53 / С. А. Граханов [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1983.

^{6*} Подсчет запасов алмазов по россыпям р. Эбелях и ручьев Гусиный и Ыраас-Юрэх по состоянию на 01.09.85 / С. А. Граханов [и др.]. Нурба : Амакинская ГРЭ, 1985.

^{1**} Diamond reserve estimation for the lower section of the Ebelyakh placer as of January 1, 1969 / L. M. Zaretskiy [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1969.

^{2**} Report of the Ebelyakh party on the detailed geological prospecting results at the Middle Ebelyakh site for 1973 / F. P. Plakin [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1974.

^{3**} Report on the results of detailed exploration of primary and placer diamond deposits in the Ebelyakh and Billyakh River basins / Yu. I. Gribun [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1977.

^{4**} Diamond reserve estimation for the lower and upper sections of the Ebelyakh placer as of 01.09.82 / Zaretskiy [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1982.

^{5**} Report on preliminary exploration at the Priustyevoy and Verkhovye of the Ebelyakh placer, and the Gusiny, Yraas-Yurekh, and stream placers no. 53 / S. A. Grakhanov [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1983.

^{6**} Diamond reserve estimation for the Ebelyakh River placers, and Gusiny and Yraas-Yurekh stream placers as of September 1, 1985 / S. A. Grakhanov [et al.]. Nyurba: Amakin GEE; 1985.

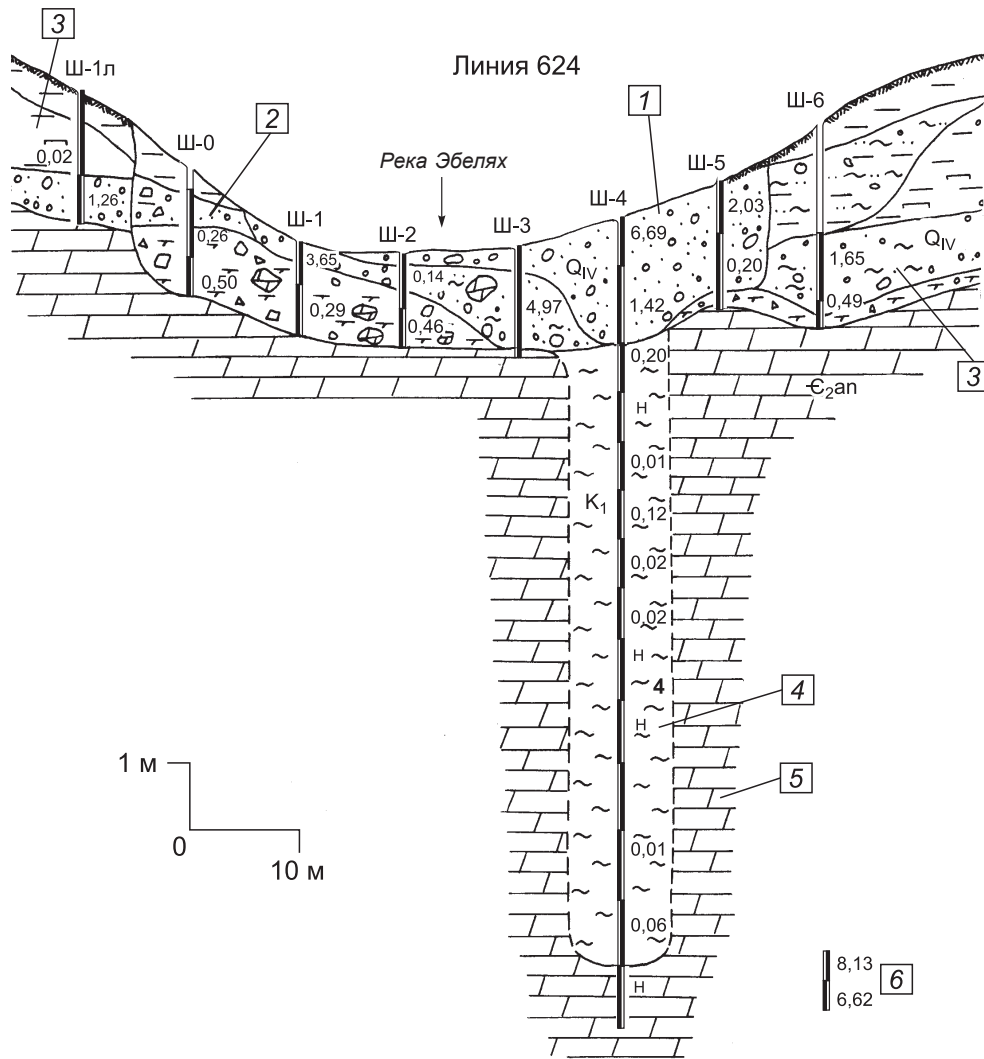


Рис. 9. Геологический разрез россыпи р. Эбелях в 62 км выше ее устья

1 — аллювий русла; 2 — аллювий низкой поймы; 3 — аллювий высокой поймы; 4 — нижнемеловые глины; 5 — доломиты среднего кембрия; 6 — содержание алмазов в условных единицах на 1 м³
 Источник: по [1]

Fig. 9. Geological cross-section of the Ebelyakh River placer, 62 km upstream from its mouth

1 — channel alluvium; 2 — low floodplain alluvium; 3 — high floodplain alluvium; 4 — Lower Cretaceous clays; 5 — Middle Cambrian dolomites; 6 — diamond content in arbitrary units per cubic meter
 Source: from [1]

эрозионном срезе порядка 150 м происходило высвобождение большого количества кристаллов в россыпи. Так, на 1 км² это значение составляет: $1000 \times 1000 \times 150 \times 0,025 = 3,75$ млн кар, а площадь развития эрозионно-карстовых депрессий от р. Эбелях до р. Маят (рис. 1) охватывает более тысячи квадратных километров!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Возраст алмазоносных конгломератов, ранее считавшийся каменноугольным, по результатам U-Pb датирования обосновывается как меловой, соответствующий последнему циклу формирования

одновозрастных образований Эбеляхской площади, сохранившихся в эрозионно-карстовых депрессиях.

2. Определены меловые, средне- и позднеюрские, ранне- и поздне триасовые, ранне- и позднепермские, кембрийские и протерозойские популяции циркона, которые в большинстве случаев по содержанию U и/или Th, либо по превышению значений Th относительно U не соответствуют кимберлитовому циркону по данным публикаций [8; 9]. Отсутствие триасовых кимберлитовых цирконов, широко развитых в промышленных четвертичных россыпях, можно объяснить низкой представительностью изученных партий.

3. Юрские кристаллы циркона по повышенным содержаниям U и Th, значению $Th/U > 1$ и возрасту

147,5–171,8 млн лет могут относиться к карбонати- зированным брекчиям Орто-Варгинского и Старо- реченского полей с возрастом 147–169 млн лет. Подобные цирконы широко распространены в про- мышленных россыпях Эбеляхской площади.

4. Исследованные конгломераты и гравелиты со- держат алмазы и минералы-индикаторы кимбер- литов, характерные для мезозойских промежуточ- ных коллекторов.

5. По типоморфным особенностям алмазы из мел- овых отложений эрозионно-карстовых депрессий идентичны таковым из промышленных неогеновых и четвертичных россыпей Эбеляхской площади. На- личие на всех типах алмазов механического износа указывает на их привнос из домеловых промежуточ- ных коллекторов. Отсутствие механического износа на кристаллах уральского типа в эрозионно-карсто- вых депрессиях указывает на их поступление из коренного источника, расположенного в непосред- ственной близости.

6. Продатированные конгломераты и нижнемел- овые отложения на Эбеляхской площади характе- ризуются низкой алмазонасностью, но в результате значительного эрозионного вреза и перемыва боль- шого объема пород были сформированы промышлен- ные неогеновые и четвертичные аллювиальные россыпи.

7. Учитывая алмазонасность мезозойских отложе- ний и отсутствие таковой в базальных образованиях верхнего палеозоя, необходимо изменить методику поисков коренных месторождений алмазов в Ана- барском районе, акцентировав ее на локализацию мезозойских коренных источников, в первую оче- редь на междуречье Маята и Юлегира, где в россыпях фиксируется ореол неокатанных алмазов уральского типа. В качестве минералогического объекта аналога можно рассматривать триасовую кимберлитовую потенциально промышленную тр. Малокуонапская, расположенную в относительной близости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Россыпи алмазов России / С. А. Граханов [и др.] ; гл. ред. Д. А. Додин. Новосибирск : Акад. изд-во «Гео», 2007. 457 с.
2. Дэвис Г. Л., Соболев Н. В., Харьков А. Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Доклады Академии наук СССР. 1980. Т. 254, № 1. С. 175–179.
3. Прокопчук Б. И., Сочнева Э. Г., Скосырев В. А. Первая находка реликтов отложений карбонового возраста в бас- сейне р. Анабар (Западная Якутия) // Доклады Академии наук СССР. 1970. Т. 193, № 5. С. 1137–1139.
4. Граханов С. А., Смелов А. П. Возраст прогнозируе- мых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 56–64.
5. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion micro- probe // Applications of microanalytical techniques to un- derstanding mineralizing processes / Eds. M. A. McKibben, W. C. Shanks III, W. I. Ridley. Vol. 7. Littleton, USA : Society of Economic Geologists, 1998. P. 1–35. <https://doi.org/10.5382/Rev.07.01>.
6. Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for

a series of Zircon standards / L. P. Black [et al.] // Chemical Geology. 2004. Vol. 205, nos. 1–2. P. 115–140. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.01.003>.

7. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analysis / M. Wiedenbeck [et al.] // Geo- standards and Geoanalytical Research. 1995. Vol. 19, no. 1. P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x>.

8. Igneous zircon: Trace element composition as an in- dicator of source rock type / E. Belousova [et al.] // Contrib Mineral Petrol. 2002. Vol. 143. P. 602–622. <https://doi.org/10.1007/s00410-002-0364-7>.

9. SHRIMP U-Pb zircon ages of Yakutian kimberlite pipes / E. N. Lepekhina [et al.] // Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr. 2008. Vol. 9. P. 1–3. <https://doi.org/10.29173/ikc3572>.

10. Комаров А. Н., Илупин И. П. Геохронология ким- берлитов Сибирской платформы по данным метода тре- ков // Геохимия. 1990. № 3. С. 365–372.

11. Barton E. S., Brakhfogel F. F., Williams I. S. U-Pb zircon age for carbonatite and alkali-pikrite pipes, Orto-Yiarga Field (Yakutia), Russia // Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr. 1995. Vol. 6, no. 1. P. 37. <https://doi.org/10.29173/ikc1771>.

12. Древний карст и его россыпная минерагения / Б. И. Прокопчук [и др.] ; отв. ред. Н. А. Шило. М. : Наука, 1985. 175 с.

13. Соболев Н. В. О минералогических критериях ал- мазонасности кимберлитов // Геология и геофизика. 1971. Т. 12, № 3. С. 70–80.

14. Соболев Н. В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии / отв. ред. В. С. Собо- лев. Новосибирск : Наука, 1974. 264 с.

15. Gurney J. J., Zweistra P. The interpretation of the ma- jor element compositions of mantle minerals in diamond exploration // Journal of Geochemical Exploration. 1995. Vol. 53, nos. 1–3. P. 293–309. [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)00021-3](https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)00021-3).

16. Микрористаллические оксиды из кимберлитов России / В. К. Гаранин [и др.]. М. : ООО «Изд-во ГЕОС», 2009. 498 с.

17. Compositional classification of “kimberlitic” and “non-kimberlitic” ilmenite / B. A. Wyatt [et al.] // Lithos. 2004. Vol. 77. P. 819–840. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.04.025>.

18. Коптиль В. И., Биленко Ю. М. Типоморфизм ал- мазов из россыпей северо-восточной части Сибирской платформы по данным их комплексного исследования // Методы комплексного изучения алмазосодержащего сы- рья : тр. ЦНИГРИ. Вып. 175. М., 1983. С. 37–46.

19. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М. : Недра, 2003. 603 с.

20. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза / отв. ред. Г. П. Бар- санов. 2-е изд. М. : Изд-во «Наука», 1984. 170 с.

REFERENCES

1. Diamond placers of Russia / S. A. Grakhanov [et al.]; Chief Ed. D. A. Dodin. Novosibirsk: Acad. Publ. House “Geo”; 2007. 457 p. (In Russ.).
2. Davis G. L., Sobolev N. V., Kharkiv A. D. New U-Pb zircon dating results of kimberlites from Yakutia. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1980; 254 (1): 175–179. (In Russ.).
3. Prokopchuk B. I., Sochneva E. G., Skosyrev V. A. First discovery of Carboniferous relict deposits in the Anabar River Basin (Western Yakutia). *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1970; 193 (5): 1137–1139. (In Russ.).
4. Grakhanov S. A., Smelov A. P. Age of predicted primary sources of diamonds in Northern Yakutia. *Otechestvennaya Geologiya*. 2011; (5): 56–64. (In Russ.).
5. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion micro- probe. *Applications of microanalytical techniques to understand- ing mineralizing processes* / Eds. M. A. McKibben, W. C. Shanks III, W. I. Ridley. Vol. 7. Littleton, USA: Society of Economic Geologists; 1998. P. 1–35. <https://doi.org/10.5382/Rev.07.01>.

6. Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards / L. P. Black [et al.]. *Chemical Geology*. 2004; 205 (1–2): 115–140. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.01.003>.
7. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analysis / M. Wiedenbeck [et al.]. *Geostandards and Geoanalytical Research*. 1995; 19 (1): 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x>.
8. Igneous zircon: Trace element composition as an indicator of source rock type / E. Belousova [et al.]. *Contrib Mineral Petrol*. 2002; 143: 602–622. <https://doi.org/10.1007/s00410-002-0364-7>.
9. SHRIMP U-Pb zircon ages of Yakutian kimberlite pipes / E. N. Lepekhina [et al.]. *Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr.* 2008; 9: 1–3. <https://doi.org/10.29173/ikc3572>.
10. Komarov A. N., Ilupin I. P. Geochronology of Siberian Platform kimberlites based on fission-track method. *Geochemistry*. 1990; (3): 365–372. (In Russ.).
11. Barton E. S., Brakhfogel F. F., Williams I. S. U-Pb zircon age for carbonatite and alkali-pikrite pipes, Orto-Yiarga Field (Yakutia), Russia. *Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr.* 1995; 6 (1): 37. <https://doi.org/10.29173/ikc1771>.
12. Ancient karst and its placer mineralization / B. I. Prokopchuk [et al.]; Publ. Ed. N. A. Shilo. Moscow: Nauka; 1985. 175 p. (In Russ.).
13. Sobolev N. V. On mineralogical criteria of diamond content in kimberlites. *Russ. Geol. Geophys.* 1971; 12 (3): 70–80 (In Russ.).
14. Sobolev N. V. The deep seated inclusions in kimberlites and the problem of the upper mantle composition / Publ. Ed. V. S. Sobolev. Novosibirsk: Publ. House "Nauka"; 1974. 264 p. (In Russ.).
15. Gurney J. J., Zweistra P. The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*. 1995; 53 (1–3): 293–309. [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)00021-3](https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)00021-3).
16. Microcrystalline oxides from Russian kimberlites and related rocks / V. K. Garanin [et al.]. Moscow: Publ. House "GEOS"; 2009. 498 p. (In Russ.).
17. Compositional classification of "kimberlitic" and "non-kimberlitic" ilmenite / B. A. Wyatt [et al.]. *Lithos*. 2004; 77: 819–840. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.04.025>.
18. Koptil V. I., Bilenko Yu. M. Typomorphism of diamonds from placers in the North-East Siberian Platform based on complex studies. *Complex study methods of diamond-bearing materials: TsNIGRI Trans. No. 175*. Moscow; 1983. P. 37–46 (In Russ.).
19. Zintchouk N. N., Koptil V. I. Typomorphism of the Siberian platform diamonds. Moscow: Nedra; 2003. 603 p. (In Russ.).
20. Orlov Yu. L. Mineralogy of diamond / Publ. Ed. G. P. Barsanov. 2nd ed. Moscow: Nauka Publ. House; 1984. 170 p. (In Russ.).

Граханов Сергей Александрович

¹ Доктор геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник,
² директор минерально-сырьевой базы

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия;
² ПАО «АЛМАР — алмазы Арктики», Якутск, Россия

<https://orcid.org/0009-0009-5327-309X>
SPIN-код РИНЦ 5254-5010
Sergey_Grakhanov@karpinskyinstitute.ru; s.grakhanov@yandex.ru

Голобурдина Марина Николаевна

Ведущий геолог

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0007-3390-1955>
SPIN-код РИНЦ 1900-6624
Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru

Зубова Татьяна Николаевна

Заместитель генерального директора
по геологоразведочным работам

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0004-2188-4017>
SPIN-код РИНЦ 7260-4280
Tatiana_Zubova@karpinskyinstitute.ru

Sergey A. Grakhanov

¹ DSc (Geology and Mineralogy),
Chief Researcher,
² Director of the Mineral Resources Base

¹ All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia;
² ALMAR — diamonds of the Arctic, Yakutsk, Russia

<https://orcid.org/0009-0009-5327-309X>
RSCI SPIN-code 5254-5010
Sergey_Grakhanov@karpinskyinstitute.ru; s.grakhanov@yandex.ru

Marina N. Goloburdina

Leading Geologist

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0007-3390-1955>
RSCI SPIN-code 1900-6624
Marina_Goloburdina@karpinskyinstitute.ru

Tatiana N. Zubova

Deputy Director General
in geological exploration

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0004-2188-4017>
RSCI SPIN-code 7260-4280
Tatiana_Zubova@karpinskyinstitute.ru

Проскурнин Василий Федорович

Доктор геолого-минералогических наук,
заведующий отделом региональной геологии
и полезных ископаемых Севера Сибири

Всероссийский научно-исследовательский геологический
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-6424-0068>
Scopus Author ID 24071443100
SPIN-код РИНЦ 9643-9569
РИНЦ Author ID 125966
Vasily_Proskurnin@karpinskyinstitute.ru

Тарасов Алексей Всеволодович

Кандидат геолого-минералогических наук,
заместитель начальника Управления геологических основ,
науки и информатики

Федеральное агентство по недропользованию, Москва, Россия

<https://orcid.org/0009-0002-1826-0655>
atarasov@rosnedra.gov.ru

Vasily F. Proskurnin

DSc (Geology and Mineralogy),
Head, Department of Regional Geology
and Mineral Resources of the North of Siberia

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6424-0068>
Scopus Author ID 24071443100
RSCI SPIN-code 9643-9569
RSCI Author ID 125966
Vasily_Proskurnin@karpinskyinstitute.ru

Aleksey V. Tarasov

PhD (Geology and Mineralogy),
Deputy Head, Management of Geological Bases, Science,
and Information Technology

Federal Subsoil Resources Management Agency, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0009-0002-1826-0655>
atarasov@rosnedra.gov.ru

Авторское выражение благодарности: авторы глубоко признательны специалистам Центра изотопных исследований ФГБУ «Институт Карпинского» за подготовку пробы к измерениям и благодарны Е. Н. Лепехиной за помощь в получении экспериментальных данных.

Acknowledgments: the authors express their deep gratitude to the specialists of the Centre of Isotopic Research at Karpinsky Institute for preparing the samples for analysis, and thank E. N. Lepekhina for assistance in obtaining the experimental data.

Вклад авторов: Граханов С. А., Голобурдина М. Н. — концепция исследования, анализ полученных экспериментальных данных, написание исходного текста.
Зубова Т. Н., Проскурнин В. Ф., Тарасов А. В. — концепция исследования.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: Grakhanov S. A., Goloburdina M. N. — research concept, experimental data analysis, writing the draft.

Zubova T. N., Proskurnin V. F., Tarasov A. V. — research concept.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 14.05.2025
Одобрена после рецензирования 04.06.2025
Принята к публикации 25.09.2025

Submitted 14.05.2025
Approved after reviewing 04.06.2025
Accepted for publication 25.09.2025