

## Вещественные признаки карбонатных флюидовзрывных образований Накынского алмазоносного поля Якутии

М.С.ХОДНЯ, П.А.ИГНАТОВ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ–РГГРУ); 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), Л.В.ЛИСКОВАЯ (Научно-исследовательское геологоразведочное предприятие АК «АЛРОСА» (ПАО); 678174, Республика Саха (Якутия), г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16)

Рассмотрены особенности минерального и элементного составов специфических образований Накынского кимберлитового поля – карбонатных брекчий и связанных с ними прожилков. Комплекс петрографических, минералогических, кристаллографических признаков цемента карбонатных брекчий и прожилков указывает на их флюидо-взрывное происхождение. Таким образом, флюидизиты дополняют существующий ансамбль взрывных образований поля, представленный кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов. По ряду геохимических характеристик выявлены сходства изученных флюидизитов с кимберлитами, что даёт основание использовать эти образования в качестве косвенного поискового признака кимберлитовых тел. *Ключевые слова:* кимберлиты, алмазы, Накынское поле, Якутская алмазоносная провинция, эруптивные брекчии базитов, флюидизиты.

Ходня Мария Сергеевна  
Игнатов Петр Алексеевич  
Лисковская Людмила Валентиновна



maria.hodnia@yandex.ru  
petrignatov@gmail.com  
liskovayalv@alrosa.ru

## Material properties of carbonate fluid fracturing formations of the Nakyn diamondiferous field of Yakutia

M.S.HODNYA, P.A.IGNATOV (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian state University for Geological Prospecting named after Sergo Ordzhonikidze»), L.V.LYSKOVAYA (NIGP (Geo-Scientific research Enterprise) Public Joint Stock Company «ALROSA»)

Petrographic, mineralogical, and crystallographic features of carbonate breccia cement and fluidite veins indicates their fluid-explosive origin. Thus, fluidizites are part of ensemble of explosive formations of the field, which includes kimberlites and eruptive breccias of basites. Geochemical characteristics and mineral composition confirm the similarity of the described fluidizites with kimberlites, which makes it possible to use these formations as an indirect search sign of kimberlite bodies.

*Key words:* kimberlites, diamonds, Nakyn field, Yakutian diamond province, eruptive breccias of basic rocks, fluidizites.

Накынское кимберлитовое поле расположено в Средне-Мархинском районе Якутской алмазоносной провинции и хорошо изучено. В его пределах известны промышленные месторождения алмазов кимберлитовых трубок Нюрбинская и Ботубинская и дайкового тела Майское, а также рудопроявления Мархинское, Озёрное и Д-96 [2].

Кимберлиты формировались в среднепалеозойский этап тектоно-магматической активизации Восточно-Сибирской платформы, которая сопровождалась внедрением силлов, даек и некков докимберлитовых траппов и посткимберлитовых базальтовых даек, хонолита и эруптивных брекчий. Кимберлиты и эруптивные брекчии базитов имеют тектонический контроль [2, 6, 9],

сопровождаются флюидоразрывными карбонатными образованиями и гидротермальной минерализацией [8].

Кимберлитовые тела перекрыты толщиной песчано-глинистых мезозойских отложений и современными элювиально-делювиальными образованиями. Слабая контрастность петрофизических свойств, слабая выраженность в магнитном поле, а также наличие траппового магматизма на территории затрудняют применение традиционных геофизических и геохимических методов поисков [5, 10].

В Накынском поле распространены карбонатные прожилки и брекчии, имеющие признаки взрывного генезиса [8]. В представленной работе приведены особенности минерального и элементного составов,

которые отличают их от вмещающих осадочных карбонатных пород нижнего палеозоя и сближают с кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов.

Карбонатные прожилки и связанные с ними брекчии карбонатного состава, которые авторы относят к флюидовзрывным образованиям, сложены мелкозернистым агрегатом непрозрачного кальцита или(и) доломита с примесью кварца до 10% и более, полевых шпатов и слюд алевритовой и песчаной размерности.

В разрезе они охватывают верхнюю часть нижнепалеозойской толщи, встречаясь преимущественно в породах ордовика. Этот интервал составляет порядка 100 м от кровли нижнепалеозойской толщи. В целом он соответствует вертикальному распространению вторичного кальцита в виде прожилков и друз. В низах нижнепалеозойских пород распространены прожилки и гнёзда вторичного гипса.

В составе цемента карбонатных брекчий и прожилков имеются признаки, по которым их следует считать подземно-взрывными образованиями:

директивное распределение алевритовых и песчаных зёрен вдоль границ прожилков, что указывает на флюидный режим их образования;

присутствие зёрен кварца, полевых шпатов, слюд, иногда аксессуарных флогопита, апатита, циркона, пироксенов, которые авторы также считают кристаллокластами, выделений хлорита, замещающего флогопит, и серпентина в ассоциации с глинистыми минералами, подтверждённых дифрактометрическими анализами (рис. 1);

наличие зёрен кварца с планарными трещинами, характерными для ударных деформаций; примесь осколчатых, иногда в виде рогулек, зёрен кварца, представленных кристаллокластами, размер их, как правило, алевритовый или мелкопесчаный (рис. 2);

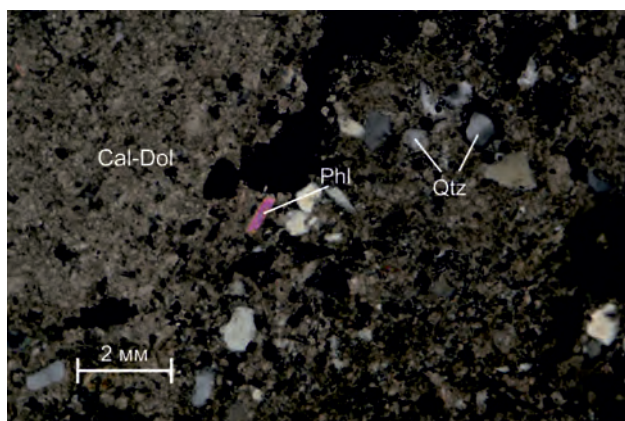


Рис. 1. Зёрна кварца и флогопита в кальцит-доломитовом агрегате флюидизитового прожилка. Микрофото шлифа:

николи скрещены; скв. Н-37/1, глубина 331 м

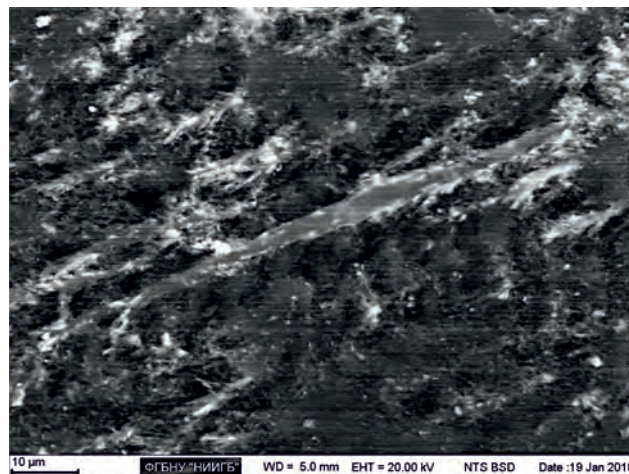


Рис. 2. Игольчатое зерно кварца, вероятно, вулканокластического происхождения в слабо анизотропной массе с выделениями глинистых минералов:

скв. 504-1, глубина 473 м; фото и измерения выполнены в ФГБНУ «НИИГБ» с помощью сканирующего электронного микроскопа EVO LS10 (Zeiss, Германия), оснащённого кремний-дрейфовым энергодисперсионным спектрометром Oxford X-MAX<sup>50</sup>

присутствие рентгеноаморфного вулканического стекла в виде изотропной массы или мелких обломков песчаного иногда мелкогравийного размера;

коррозия доломитом и кальцитом выделений изотропного мелкозернистого материала и некоторых песчаных зёрен кварца, что может быть связано с воздействием высоко нагретых газов или гидротерм;

фазы редкоземельного апатита и бритолита  $(Ce, Ca)_5 \times (SiO_4, PO_4)_3(OH, F)$ , установленные микроэнергодисперсионным анализом (рис. 3).

Многие из отмеченных признаков считаются характерными для выделения класса флюидизитовых (туффизитовых) пород [1, 7].

Результаты термографического и рентгенографического изучения карбонатов рассматриваемых прожилков, карбонатов осадочных пород нижнего палеозоя и кимберлитов показали их отличия по кристаллографическим параметрам и удельной теплоте диссоциации, которая изменяется от 111 до 833 дж/град. [14].

Взрывные образования Накынского поля различаются по соотношению кальцита и доломита. Выявился тренд относительного возрастания доломита над кальцитом в ряду кимберлиты–эруптивные брекчии базитов–флюидовзрывные карбонатные брекчии и прожилки–вмещающие осадочные породы. Сопоставление этих отношений с удельной теплотой диссоциации карбонатов из данных образований показывает их существенные отличия (рис. 4).

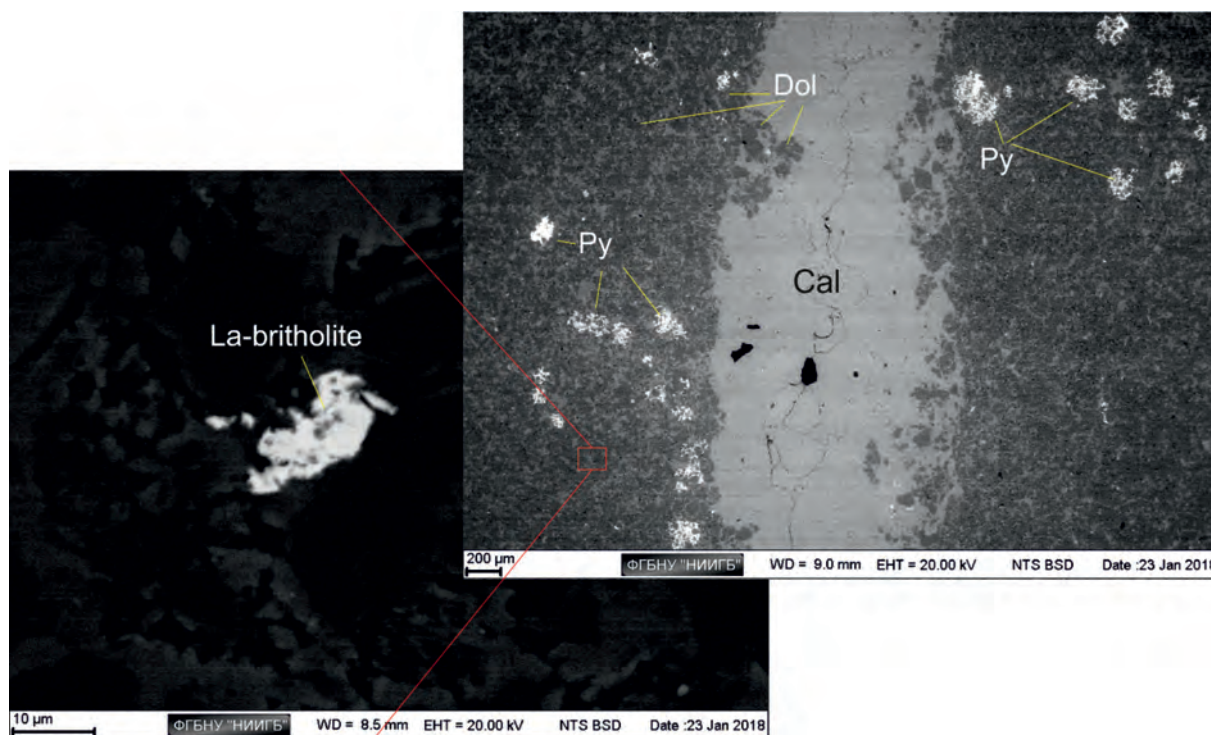


Рис. 3. Материал карбонатной массы флюидизитового прожилка с вторичным пиритом и макроскопическим зерном бри-толита:

скв. Н-37/1, глубина 245 м; фото и измерения выполнены в ФГБНУ «НИИГБ» с помощью сканирующего электронного микро-скопа EVO LS10 (Zeiss, Германия), оснащённого кремний-дрейфовым энергодисперсионным спектрометром Oxford X-MAX<sup>50</sup>

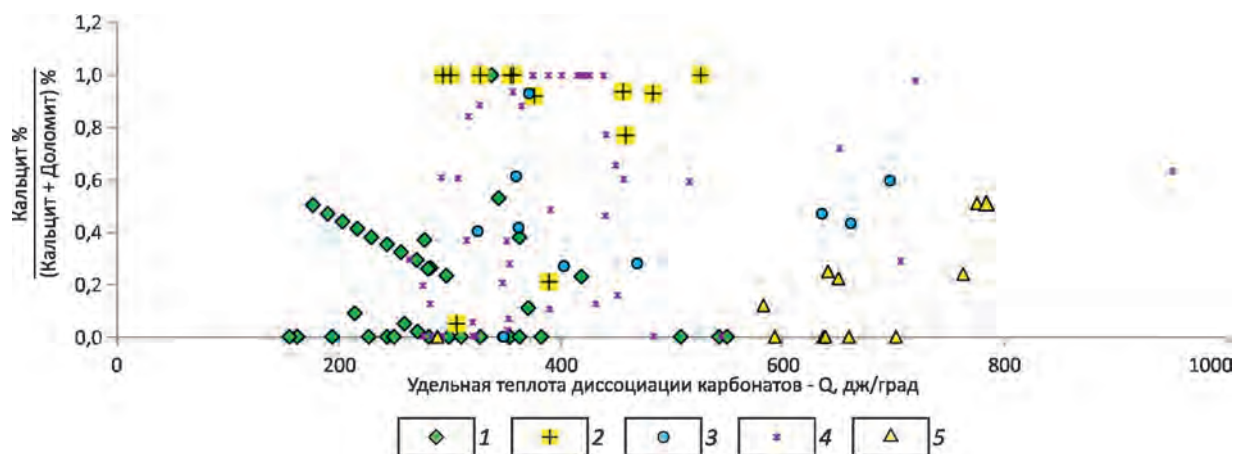


Рис. 4. Соотношение доломита и кальцита и их Q из кимберлитов, эруптивных брекчий базитов, карбонатных флюидо-взрывных брекчий и прожилков (флюидизитов) и вмещающих их осадочных пород ордовика Накынского поля:

1 – основная масса кимберлитов (трубки Нюрбинская, Ботубобинская, тело Майское); 2 – эруптивные брекчии базитов; 3 – флюидовзрывные карбонатные брекчии; 4 – флюидизитовые прожилки; 5 – осадочные образования

**1. Пределы содержаний некоторых элементов (ppm) в карбонатных осадочных породах ордовика, флюидизитовых прожилках, кимберлитах и посткимберлитовых базитах Накынского поля и в карбонатах**

Порода	Cr	Ni	V	Co	Zr	Ce	Ti
Неизменные карбонатные породы (7 проб ICP MS)	15–101	4,2–28	7,6–34	1,5–12	13–49	13–37	411–1679
Флюидизиты (18 проб ICP MS)	18–3012	12–54	6,7–48	0,57–9,4	3,7–80	13–55	128–2590
Кимберлиты Накынского поля (8 проб) [10]	379–1435	320–1100	22,9–118,6	25–131	36,2–90,2	12,53–54,9	1438–4314
Посткимберлитовые базиты трубки Нюринская (6 проб) [13]	31–60	44–52	43–396	43–66	264–600	100,1–125,8	3578–4095
Карбонаты щелочно-ультраосновных комплексов [11]	165	19	4	4	50	77	2440
Карбонаты кимберлитовые, Среднее [11]	910	710	15,4	8	6,5	115	9110

Установленные отличия карбонатов флюидизитов и кимберлитов, по мнению авторов данной статьи, отражают высокие содержания в них газовой флюидной микровключений и примесь дисперсной пирокластике.

По содержанию типичных для кимберлитов и карбонатов элементов [11] рассматриваемые карбонатные брекчии и прожилки близки к вмещающим осадочным карбонатным породам ордовика и кимберлитовым карбонатам и существенно отличаются от базитовых эруптивных брекчий (табл. 1). При этом следует учи-

тывать, что кимберлиты Накынского поля отличаются от других полей пониженными содержаниями церия и других редких и радиоактивных металлов [7].

Материал флюидизитовых прожилков содержит большое количество карбонатных обломков и перекристаллизованного карбоната, что определяет его геохимическую схожесть с вмещающими известняками и доломитами. Однако флюидизиты отличаются более высокими содержаниями хрома, никеля и ванадия. Это сближает их с кимберлитами, для которых

**2. Содержания некоторых элементов в парных пробах флюидизит–вмещающая карбонатная порода**

Содержание, ppm	Флюидизит		Вмещ. порода		Флюидизит		Вмещ. порода		Флюидизит		Вмещ. порода	
	Флюидизит	Вмещ. порода	Флюидизит	Вмещ. порода	Флюидизит	Вмещ. порода	Флюидизит	Вмещ. порода	Флюидизит	Вмещ. порода		
Sr	147,66	42,89	316,23	71,46	127,90	101,06	298,33	179,80	85,66	164,27		
Y	9,46	8,19	13,98	11,05	14,09	5,86	15,95	11,03	9,20	6,60		
La	40,67	18,80	25,38	6,70	6,91	7,56	16,60	10,30	9,03	6,21		
Ce	78,19	36,52	51,87	14,87	18,12	14,13	27,18	19,69	19,09	10,99		
Pr	8,87	4,26	6,11	1,78	2,54	1,62	4,10	2,50	2,34	1,30		
Nd	29,81	14,98	23,44	7,24	10,67	6,18	16,22	9,72	9,15	4,77		
Sm	4,50	2,45	4,48	1,76	2,62	1,34	3,37	2,14	2,00	1,00		
Eu	0,43	0,33	0,72	0,45	0,53	0,30	0,77	0,50	0,45	0,24		
Gd	4,46	2,44	4,12	1,74	2,30	1,18	3,11	2,09	1,79	0,92		
Tb	0,53	0,33	0,63	0,33	0,45	0,19	0,53	0,37	0,30	0,16		
Th	17,07	6,38	5,07	1,14	4,07	1,52	2,67	2,13	2,66	1,33		
U	1,30	0,82	5,60	0,69	2,29	1,70	1,83	0,86	1,78	1,50		
Zr	34,86	13,16	19,87	16,01	80,28	14,98	49,74	22,85	43,43	19,77		
Nb	5,34	1,81	3,66	1,73	5,88	2,19	3,85	3,05	3,73	3,06		
Номер скважины-глубина, м	474-402-104,5a	474-402-104,5b	496-439-137a	496-439-137b	524-438-102a	524-438-102b	553-437-145 a	553-437-145 b	518-458-103a	518-458-103b		

*Примечание.* Анализы выполнены методом ICP-MS в лаборатории МГУ им. М.В.Ломоносова, аналитик Я.В.Бычкова; цветом подчеркнуты отличия содержаний.

характерны высокие концентрации этих сидерофильных элементов [16].

Для того, чтобы выявить геохимические особенности прожилков, из образцов керна отобраны парные пробы флюидизитов и непосредственно вмещающих их карбонатных пород, и определены содержания микроэлементов (табл. 2).

Во всех образцах флюидизитов выявлены повышенные содержания стронция, иттрия, ниобия, редкоземельных элементов, урана и тория по сравнению с вмещающими породами. Указанная особенность свойственна кимберлитам Якутской алмазоносной провинции [7, 11, 12]. В этой связи повышенные содержания этих элементов в карбонатах флюидизитов можно связать с привнесением материала из магматических кимберлитовых образований.

Для карбонатов флюидизитовых прожилков, в отличие от вмещающих пород, наблюдается больший разброс содержаний рубидия и бария. Это характерно и для кимберлитов Накынского поля [7]. Значительные колебания литофильных элементов, по-видимому, связаны с более активным проявлением флюидной фазы в процессе формирования кимберлитов и флюидизитов.

Следует отметить повышенное содержание лантана, вплоть до образования лантановых минералов (установленные фазы бритолита), что рядом исследователей также отнесено к характеристике кимберлитовых пород [3, 17].

Представленные минералого-геохимические данные по агрегативным карбонатным прожилкам и брекчиям (флюидизитам) Накынского алмазоносного поля Якутии позволяют сделать следующие выводы:

1. Комплекс петрографических, минералогических, кристаллографических признаков прожилков и цемента карбонатных брекчий указывает на их флюидно-взрывное происхождение, что дополняет известные взрывные образования поля, представленные кимберлитами и эруптивными брекчиями базитов.

2. Рассмотренные флюидизиты по геохимическим характеристикам имеют сходства с кимберлитами. Поэтому их следует использовать в качестве косвенного поискового признака при детальном поиске коренных месторождений алмазов на закрытых территориях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алмазоносные* флюидно-эксплозивные образования Пермского Приуралья. – М.–С.-Пб.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, ВСЕГЕИ, 2011.
2. *Атлас* коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции / С.И.Костровицкий, З.В.Специус, Д.А.Яковлев и др. Отв. ред. академик Н.П.Похиленко. – Мирный: НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), ООО «МГТ», 2015.
3. *Бурков В.В., Подпорина Е.К.* Первые данные о редких землях в кимберлитовых породах // ДАН СССР. 1966. Т. 171. № 4. С. 148–160.
4. *Гладков А.С., Кошкарев Д.А.* Строение разломного узла как поисковый признак коренных месторождений алмазов // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. Мат-лы IV региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. С. 44–48.
5. *Герасимчук А.В., Горев Н.И.* Проблемы прогнозирования погребенных месторождений алмазов на Сибирской платформе // Тез. докл. IV региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. С. 40–43.
6. *Игнатов П.А.* Палеотектонические методы обнаружения скрытых структур, контролирующих месторождения урана и алмазов // Разведка и охрана недр. 2016. № 6. С. 11–15.
7. *Кимберлиты* и некимберлитовая алмазоносность изверженных и метаморфических пород // Методическое руководство. – М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2010.
8. *Комплекс* нетрадиционных поисковых признаков коренных месторождений алмазов, используемый на закрытых территориях / П.А.Игнатов, К.В.Новиков, Н.Р.Зарипов и др. // Проблемы минерации, экономической геологии и минеральных ресурсов: научно-литературный альманах. – М.: МАКС Пресс, 2017. С. 207–228.
9. *Коробков И.Г.* Тектоника, палеогеография и базитовый вулканизм алмазоносных районов Восточного борта Тунгусской синеклизы. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2015.
10. *Костровицкий С.И.* О целесообразности использования геохимических методов при поисковых работах на алмазы // Сб. мат-лов Всерос. научно-практической конференции «Роль геохимии в развитии МСБ ТПИ: прогноз, поиски, оценка и инновационные технологии освоения редкометаллических объектов» 21–23 ноября 2016 г. – М.: ИМГРЭ, 2016. С. 18–19.
11. *Лашин А.В., Толстов А.В., Лисицин Д.В.* Кимберлиты и конвергентные породы. – М.: ИМГРЭ, 2004.
12. *Леснов Ф.П.* Состояние и проблемы исследований в области геохимии редкоземельных элементов в кимберлитах // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Мат-лы Всерос. научной конференции. В 2 томах. – Томск, 2002. С. 126–133.
13. *Проявления* флюидно-взрывной дезинтеграции базитов в Накыньском кимберлитовом поле (Якутская алмазоносная провинция) / А.И.Киселев, К.Н.Егоров, Р.А.Чернышов и др. // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 1. С. 97–104.
14. *Сравнение* карбонатов основной массы кимберлитов Якутии и вмещающих пород (на примере Накыньского кимберлитового поля) / Л.В.Лисковская, П.А.Игнатов, О.Е.Ковальчук, Р.В.Еремеев // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. № 1. С. 22–29.
15. *Среднепалеозойский* базитовый магматизм северо-западной части Вилуйского рифта: состав, источники, геодинамика / А.И.Киселев, В.В.Ярмолук, К.Н.Егоров и др. // Петрология. 2016. Т. 14. № 6. С. 600–682.
16. *Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Коренные месторождения алмазов мира. – М.: Недра, 1998.
17. *Dawson J.B.* Basutoland kimberlites // Geol. Soc. Amer. Bull. 1962. Vol. 73. № 5. P. 545–560.