

Вещественный состав кратерных частей возможных коренных источников алмазов триасового возраста на севере Оленёкского поднятия (Якутия)

Ю.Ю.ГОЛУБЕВА, Т.И.КОЛЕСНИКОВА (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1).

Изучены особенности вещественного состава вулканогенно-осадочных отложений, вскрытых при заверке бурением локальных магнитных аномалий АРР230 и 306 в верховьях р. Никабыт на севере Оленёкского поднятия. Туфогравелиты щелочно-ультраосновного состава слагают кратерные части (маары) кимберлитовых тел триасового возраста. Данные объекты могут являться коренными источниками россыпей алмазов эбеляхского типа.

Ключевые слова: алмазы, вулканогенно-осадочные породы, кимберлиты, Оленёкское поднятие.

Голубева Юлия Юрьевна
Колесникова Татьяна Ивановна



jugolubeva@gmail.com
kolesnikova2456@mail.ru

The material composition of the crater parts of possible native sources of triassic diamonds in the north of the Olenek uplift (Yakutia)

Yu.Yu.GOLUBEVA, T.I.KOLESNIKOVA

The characteristic features of the material composition of volcanogenic-sedimentary deposits discovered by drilling local magnetic anomalies АРР230 and 306 in the upper reaches of Nicabyt river in the north of the Olenek uplift were analyzed. Tuffaceous gravelites of alkaline-ultrabasic composition compose crater parts (maars) of the Triassic kimberlite bodies. These objects may be the native sources of Ebelyakh-type diamond placers.

Key words: diamonds, volcanogenic-sedimentary deposits, kimberlites, Olenek uplift.

К настоящему моменту промышленно-алмазоносные кимберлитовые тела на территории Якутии известны только в южной и центральной части Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) в пределах пяти полей среднепалеозойского (преимущественно верхний девон–нижний карбон) возраста [3]. Известные объекты кимберлитового и родственного магматизма мезозойского возраста расположены в северной части ЯАП и промышленно неалмазоносны. В последние годы большое внимание привлечено к алмазоносности верхнетриасовых отложений карнийского и рэтского возраста в северо-восточной части ЯАП [5, 11, 14], свидетельствующей о том, что на территории Якутии, помимо среднепалеозойского, был мезозойский (триасовый) этап промышленно алмазоносного магматизма. Верхнетриасовый возраст алмазов обосновывается: 1) средне-позднетриасовыми датировками цирконов в верхнетриасовых отложениях карнийского и рэтского ярусов и промышленных четвертичных россыпях, в которых появляются алмазы эбеляхского типа [5]; 2) химический состав и морфологические особенности пиропов из карнийских и рэтских коллекторов соответствуют

триасовым кимберлитам северо-востока ЯАП [14].

В 2015 г. в ходе работ по Госконтракту «Поисковые работы на выявление нетрадиционных для России месторождений алмазов триасового возраста на севере Оленёкского поднятия (Республика Саха (Якутия))» ФГУП ЦНИГРИ в верховьях р. Никабыт при заверке бурением локальных магнитных аномалий АРР 230 и 306 на глубине 4–10,2 м были вскрыты вулканогенно-осадочные породы – туфогравелиты, которые рассматриваются авторами как возможные кратерные части кимберлитовых тел (рис. 1). Мощность вулканогенно-осадочных отложений 0,9–1,8 м. По своему стратиграфическому положению породы расположены на уровне нижнего триаса, подстилающими являются пермские песчаники, алевролиты и аргиллиты. Породы высокомагнитные: значения магнитной восприимчивости достигают $250\text{--}300 \times 10^{-3}$ единиц СИ.

Вулканогенно-осадочные породы (туфогравелиты) светло-серого, зеленоватого цвета содержат большое количество материала ультраосновного состава, представленного измененным оливином, слюдой, хлоритизированными обломками щелочно-ультраосновных

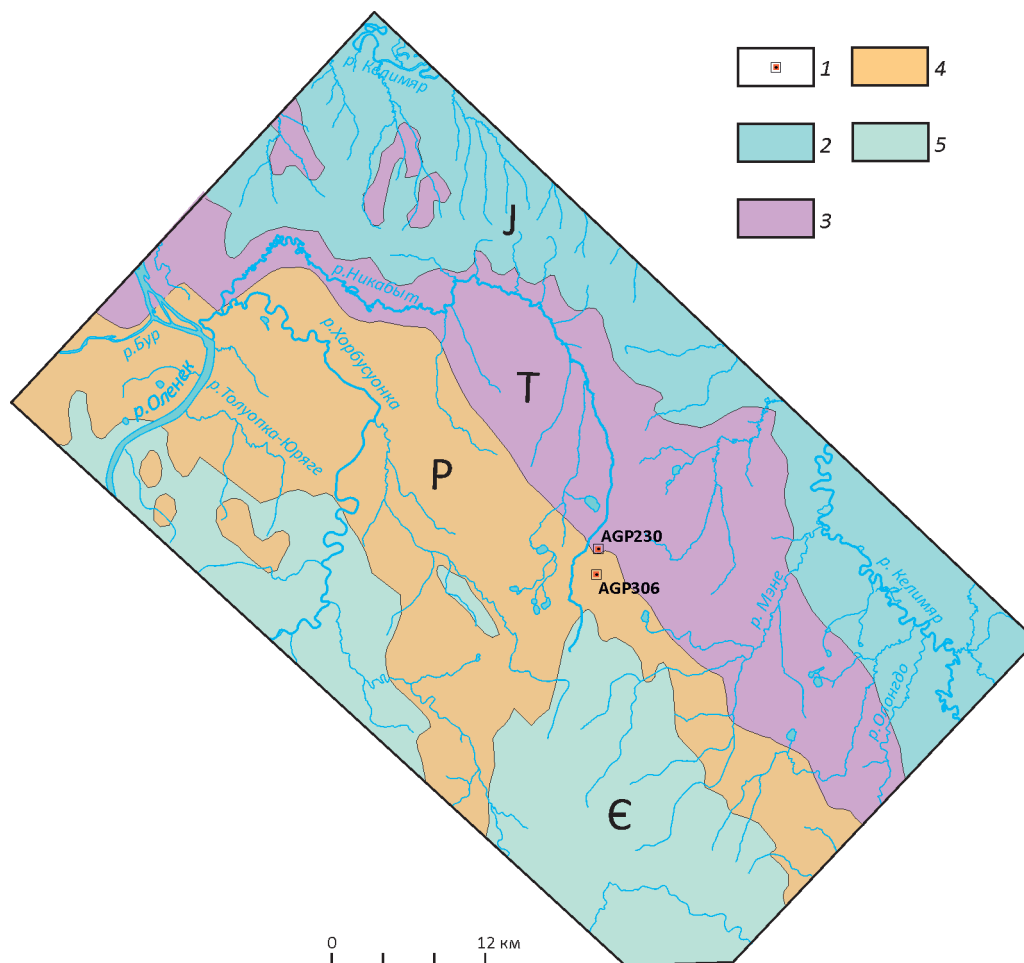


Рис. 1. Схема расположения аномалий АРР 306 и 230 на севере Оленёкского поднятия:

1 – аномалии АРР306 и 230; 2 – терригенные и карбонатно-терригенные отложения юры; 3 – терригенные и вулканогенно-терригенные отложения триаса; 4 – терригенные, угленосные и битуминозные отложения перми; 5 – карбонатные и терригенно-карбонатные отложения кембрия

пород. Среди включений отмечаются также гальки (до 2 см) кислого состава, кремней, кварца, халцедона, обломков карбонатных пород, аргиллитов, фауна. Породы сильно ожелезнены, по ним развита хлоритизация, кальцитизация и пиритизация. Текстура пород массивная, субгоризонтальная, местами наблюдается градационная слоистость и плохая сортировка обломочного материала (рис. 2). Полосы в породе представлены чередованием слоев с примесью туфогенного материала алевропелитовой-псаммитовой структуры, туфогравелитов с варьирующим содержанием магнетита и хлоритизированных включений округлой, удлиненной, обломочной формы. На контакте с нижележащими породами перми наблюдается сильная кальцитизация. Структурно-текстурные особенности туфогравелитов свидетельствуют о том, что породы являются переотложенным вулканическим материалом, расположенным,

по-видимому, в мааровой структуре, обрамляющей жерловую часть кимберлитового тела.

Для образцов керна из аномалий АРР306 и 230 в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) и лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН (г. Москва) был выполнен комплекс аналитических исследований: изучены шлифы; получены результаты валового состава пород методами РФА, ICP-MS, рентгенофазового анализа; под электронным сканирующим микроскопом изучен минеральный состав пород; получены данные по изотопному составу ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) карбонатов.

В шлифе структуру туфогравелитов можно назвать средне и мелкообломочной. Обломочный материал представлен варьирующими количествами обломков осадочных и экзотических для севера Оленёкского поднятия пород (алевропелиты, породы карбонатного состава, кремнеземные породы или кварциты), кварца, полевых

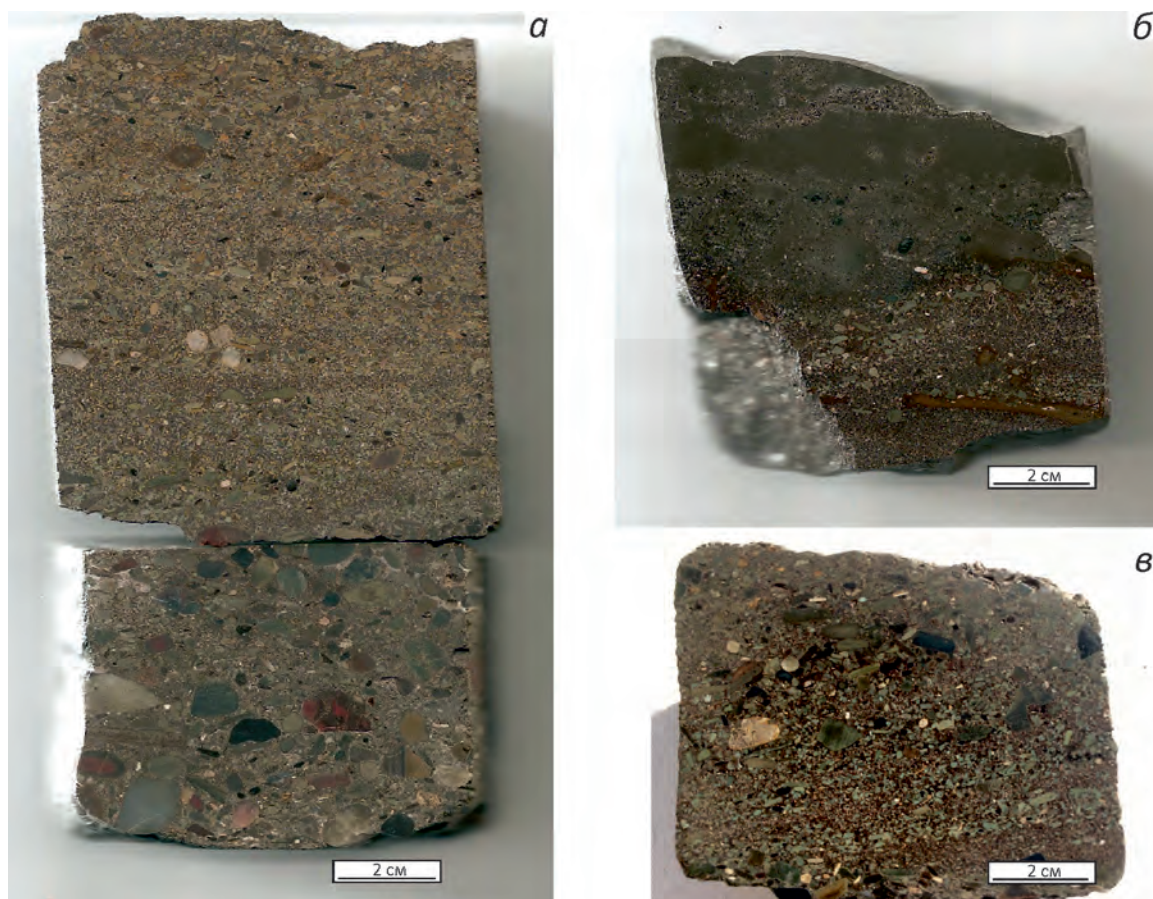


Рис. 2. Фотографии вулканогенно-осадочных пород из керна скважин, пробуренных на аномалиях:

а – АРР 306/1; б – АРР 230/2; в – АРР 230/1

шпатов – до 50% породы; включений щелочно-ультраосновного состава (полностью хлоритизированных пород с включениями слюды, предположительно, измененных ультрабазитов; измененный оливин, пироксены, слюда, гранат). В связующей матрице в варьирующем количестве присутствуют рудные минералы – магнетит (иногда до 50% породы), ильменит, хромит и карбонатный (кальцит, сидерит) материал (до 30–50% в породе). Порода сильно изменена: ожелезнена, карбонатизирована, хлоритизирована и лейкоксенизирована, что свидетельствует о сильном влиянии экзогенных процессов. При этом слюда часто замещается магнетитом и анатазом (до 10% в породе), оливин хлоритизирован и карбонатизирован (до 20% в породе), по нему также развивается магнетит; весь обломочный материал породы хлоритизирован и карбонатизирован. Карбонатный материал цементирует основную массу, замещает оливин, местами развивается в виде кайм по псевдоморфозам, а также выполняет прожилки в породе.

Псевдоморфозы по оливину в породе выделены Л.И.Лукияновой (ФГБУ ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург).

Они представлены округлыми включениями (от $1,8 \times 1,2$ до $0,24 \times 0,12$ мм), угловатыми обломками (от $1,2 \times 0,8$ до $0,14 \times 0,12$ мм) и редкими включениями с субидiomорфными очертаниями (от $0,36 \times 0,2$ до $0,12 \times 0,06$ мм). Оливин преобразован и замещен, в основном, кальцитом и магнетитом, реже в псевдоморфозах сохраняются нонтронит и хлорит. Часто магнетит в виде плотного агрегата полностью выполняет измененный оливин, а также центральные и ядерные части карбонатизированных псевдоморфоз, развитых по нему. В краевой части и по трещиноватости распространен новообразованный микросталлический агрегат лейкоксена (анатаз, рутил, брукит).

Слюда представлена ожелезненными табличками (от $0,36 \times 0,15$ до $0,24 \times 0,06$ мм), имеющими четко выраженную реликтовую спайность вдоль удлинения. Редко встречаются субизометричные рыжевато-бурые пластинки слюды, заполненные призматическими кристаллами анатаза. Вторичные продукты по слюдам, вероятно, свидетельствуют о высокотитанистом составе первичной слюды.

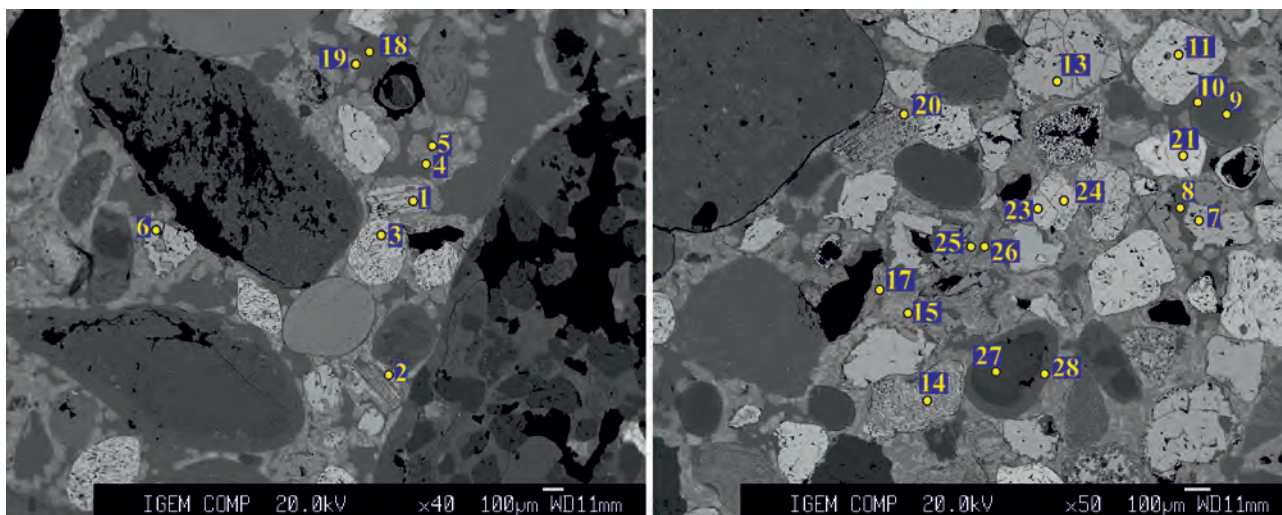


Рис. 3. Фотографии шлифов вулканогенно-осадочных пород аномалии AGP 230 под растровым электронным микроскопом

В породах присутствуют ожелезненные включения округлой, иногда угловатой формы (от $0,2 \times 0,2$ до $0,4 \times 0,4$ мм), содержащие микролиты измененной слюды (?), замещенные карбонатом и нонтронитом. По контуру включений иногда прослеживаются обрывки каемок кальцита. Встречаются также измененные округлые образования, предположительно, лерцолитового состава размером до 2 мм и больше. К ультраосновному материалу можно также отнести обломки свежего клинопироксена.

Рудные минералы в породе представлены магнетитом, титаномагнетитом, хромшпинелидом и ильменитом. Магнетит является вторичным минералом в породе, выполняющим псевдоморфозы вышеописанных минералов. Четко устанавливается светло-бурый хромшпинелид, присутствующий в виде редких ксеноморфных включений в карбонатизированных обломках оливины.

В породе присутствуют в разной степени карбонатизированные рыжевато-желтые, светло-коричневатые обломки алевропропелитов округлой и угловатой формы (от $5 \times 1,5$ мм до $\sim 0,1$ мм). Основная масса породы лейкоксенизирована, ожелезнена и карбонатизирована, представлена микрокристаллическим сидеритом и кальцитом. В зависимости от вторичных преобразований она имеет неравномерную окраску – светло-коричневую, светло-серую, рыжеватую и представлена микрокристаллическим сидеритом и кальцитом. На участках с преобладанием литокристаллокластического материала, основная масса замещена также и крупнокристаллическим кальцитом, в котором иногда лейкоксеновые пленки и микродендриты анатаза вырисовывают контуры полностью карбонатизированных

минералов. Встречаются участки, целиком пропитанные лейкоксеном.

Результат рентгенофазового анализа пробы 230/2-5 (аналитик В.Ф.Сапега, ЦЛ ВСЕГЕИ) подтверждает состав вторичных минералов, определенных в шлифах (в %): кальцит–33, кварц–24, сидерит–15, анатаз–12. В подчиненном количестве определено присутствие нонтронита, хлорита, ильменита, оливины, магнетита и хромита.

Для образца 230/2-5 проведен анализ шлифа под электронным сканирующим микроскопом в ИГЕМ РАН (рис. 3, табл. 1). Основная часть рудных минералов в породе представлена титаномагнетитом с массовыми содержаниями (в %): TiO_2 8,76–10,98, MgO 5,46–15,01, Al_2O_3 1,3–7,31. Титаномагнетит характерен для северных кимберлитов, в частности, встречается в кимберлитах Куойского поля, также титаномагнетит – характерный минерал для пород лампроитовой серии [4]. Помимо титаномагнетита в породе также встречен ильменит с массовыми содержаниями (в %): MgO 4,39–6,19 и Cr_2O_3 0,02–0,11. Кроме отдельных зерен, ильменит встречается также в виде пластинок, выполняющих трещины спайности в слюдах. В меньшем количестве присутствуют магнетит и гематит. В породе отмечаются, по крайней мере, два вида карбонатов: сидерит, представленный в виде мелких округлых кристаллов в основной массе породы, и кальцит, образующий каймы вокруг обломков пород (лапиллей?) хлоритового состава, заполняющий интерстиции между обломочным материалом породы. Округлые выделения представлены хлоритом с массовым содержанием MgO 4,09–4,24%. Такие же содержания отмечены для железистых септехлоритов шамозитов (бертьеринов) карнийского

1. Результаты изучения шлифов вулканогенно-осадочных пород аномалии АРР 230 под растровым электронным микроскопом (в массовых долях %)

Номера анализов*	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	ZnO	BaO	K ₂ O	Na ₂ O	Nb ₂ O ₅	V ₂ O ₃	CO ₂	F	Cl	SO ₃	Сумма
<i>Ильмениты, магнетиты, титаномангнетиты</i>																				
1	0,01	51,3	1,65	0,05	40,33	0,59	4,39	0,06	0,01	0,05				0,07	0,13					98,63
2	0	51,04	0,26	0,02	42,83	0,61	4,99	0,24	0	0				0,01	0					100
3	0,02	9,64	3,25	0	74,39	0,74	5,46	0,15	0,04	0,06				0	0,14					93,9
6	0,01	44,96	0,64	0,11	46,84	0,33	6,19	0,07	0,02	0,02				0	0,1					99,28
7	0,02	47,92	1,76	0,03	45,63	0,51	4,47	0,06	0,02	0,03				0,01	0,26					100,71
11	0,06	10,98	3,27	0,23	73,53	0,4	7,62	0,08	0,19	0				0	0					96,36
13	0,04	8,76	7,31	0,06	64,35	0,49	15,01	0,04	0,3	0,03				0	0,01					96,4
14	0,7	2,46	0,88	0,77	83,22	0,34	0,23	0,86	0,18	0,1				0	0,27					89,99
20	0,02	53,33	0,27	0,06	38,63	0,42	4,83	0,06	0,03	0,07				0,05	0,12					97,88
21	0	3,91	0,51	0	86,18	1,38	1,47	0,03	0	0				0	0,11					93,58
23	0,17	10,47	1,31	0,03	72,45	0,74	5,63	1,67	0,06	0,04				0,03	0,03					92,62
24	0,01	10,88	1,6	0	71,84	1	6,93	0,06	0,07	0,06				0,01	0,17					92,64
<i>Карбонаты</i>																				
4					49,47	0,8	3,04	5,72								40,98				100
5					6,38	0,77	2,13	49,98								40,72				100
8					2,25	0,42	0,47	55,02								41,85				100
15					50,37	0,71	2,81	5,05								41,07				100
17					49,17	0,69	3,38	6,03								40,74				100
18					5,18	0,83	1,78	50,11								42,1				100
19					47,9	0,95	3,75	5,48								41,93				100
25					49,59	0,64	3,65	5,31								40,8				100
26					5,44	0,71	1,77	51,86								40,22				100
28					3,55	0,27	0,32	52,07								43,8				100
<i>Хлориты</i>																				
9	23,09	0,04	16,35	0,2	31,27	0,03	4,23	0,17	0,02	0	0,19	0,19	0,19				0,11	0,19	0,09	76,12
10	25,63	0,05	18,37	0,2	34,18	0	4,24	0,27	0,06	0,04	0,16	0,07	0,07				0,09	0,1	0,04	83,46
27	22,87	0,01	16,49	0,18	28,58	0,05	4,09	0,15	0,07	0	0,15	0,02	0,02				0,12	0,24	0,04	73

Примечание. * — номера анализов на рис. 3.

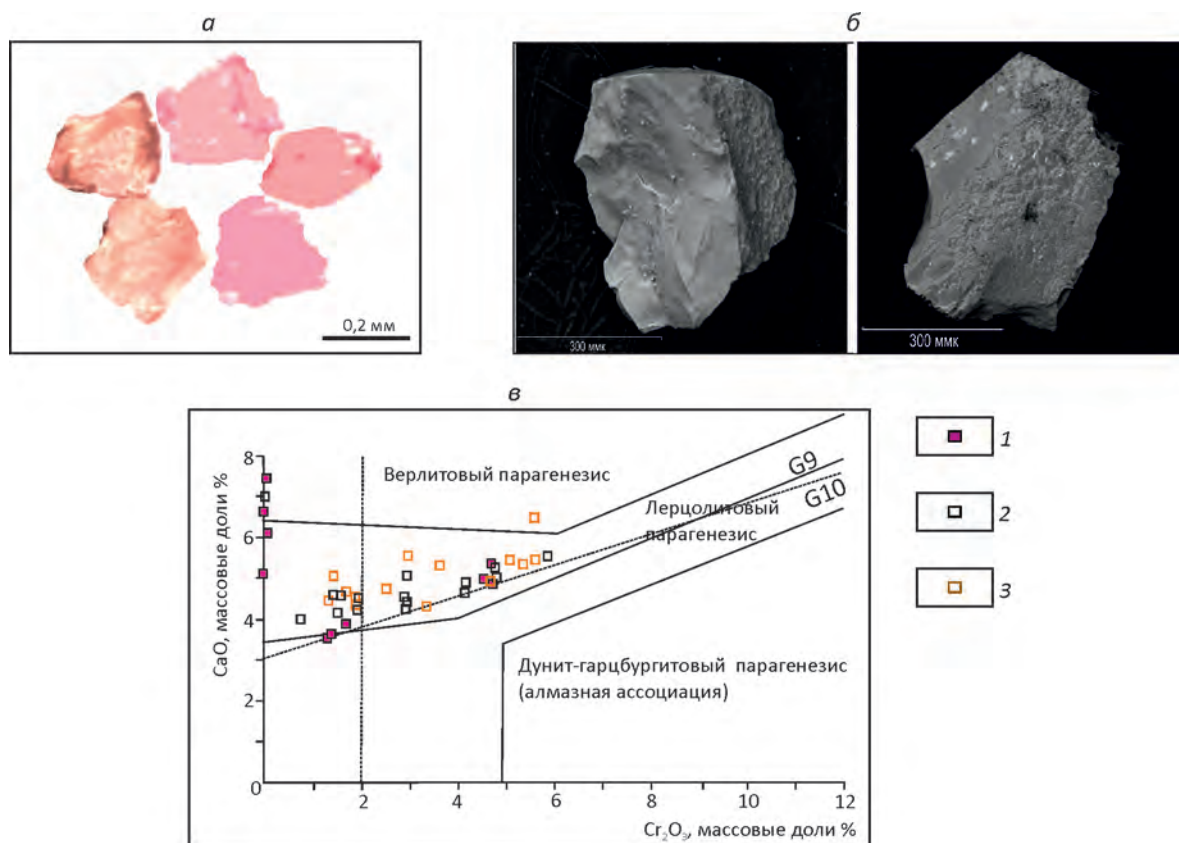


Рис. 4. Зерна пиропов из протолочных проб вулканогенно-осадочных пород аномалий АРР 230-306:

а – общий вид; б – фрагменты микроповерхности пиропов коррозионно-гидротермального типа (изображение в отраженных электронах); в – особенности химического состава пиропов на диаграмме Н.В.Соболева [15]; 1 – аномалии АРР 230-306; 2 – из отложений Т₃б/ [5, 11, 14]; 3 – проба ГК-1 (аллювий р. Никабыт)

яруса, формирующихся в осадочном процессе. Вся слюда в шлифе сильно изменена: по слюде развиваются анатаз, ильменит, карбонатное вещество.

Изучение минерального состава протолочных проб из образцов данных пород показало повышенный выход магнитной фракции, представленной, главным образом, магнетитом октаэдрической и неправильной формы, а также присутствующим в подчиненном количестве титаномагнетитом, рутилом, анатазом, гранатом, пиритом-марказитом, лейкоксеном и единичными знаками циркона, турмалина, слюды.

Из минералов-индикаторов кимберлитов в пробах отмечаются единичные находки зерен пиропов, пироп-альмандинов, хромшпинелидов (рис. 4). Угловатые зерна пиропов, размером ~0,25 мм, бледно лилового цвета, по соотношению Cr₂O₃ и СаО на диаграмме Н.В.Соболева [15] относятся к низко-среднехромистым, умеренно кальциевым гранатам лерцолитового парагенезиса, по классификации Доусона и Стефенса (1975) относятся к типу G9 – хромовым пиропам. На основе химико-генетической классификации

Г.П.Кудрявцевой, данные зерна принадлежат к гранатам из равномерно-зернистых (часто катаклазированных) ильменитовых лерцолитов с низкохромистым титанистым гранатом или алмазоносных магнезиально-железистых эклогитов. Кроме того, к последней группе гранатов также принадлежат и низкохромистые разновидности зерен пироп-альмандинов эклогитового парагенезиса, оранжево-красного цвета [2].

Зерна хромшпинелидов в основном представлены целыми, преимущественно изометричными, плоскогранными октаэдрами и их обломками, с зеркально гладкой, блестящей поверхностью, размером, не превышающим 0,3 мм. Также встречаются единичные, слабо искаженные зерна, осложненные по ребрам и вершинам вицинальными поверхностями, со слабой степенью окатанности. По результатам микрозондового анализа незначительного количества (n=11) этих зерен (аналитик И.Г.Быстров, ФГУП ВИМС), хромшпинелиды характеризуются умеренным массовым содержанием хрома (33,44–51,56%), повышенными массовыми содержаниями магния (9,6–15,85%), титана (3,41–6,0%),

относительно низким – алюминия (3,97–6,76%). По соотношениям $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$, $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2$ хромшпинелиды отличаются преобладанием пикритового тренда, в то же время по распределению точек их составов на диаграммах Ч.Фипке (1994), В.И.Ваганова [3] можно отнести их к хромшпинелидам из кимберлитов, в том числе алмазоносных. Зерна подобного состава встречаются в протолочных пробах по керну скважин из отложений булунканской свиты верхнего триаса, в тяжелой фракции шлиховых проб из современной аллювиальной россыпи алмазов р. Никабыт. Это может свидетельствовать о том, что объекты, частью которых являются изучаемые вулканогенно-осадочные породы, могли быть источником сноса для рэтских и четвертичных россыпей.

Отмечается находка микрокристаллического прозрачного осколка, с бледно-зеленоватым оттенком, элементный состав которого по результатам электронно-зондового анализа (в %): Zr 54,52, Ti 9,62, Ca 8,40, предположительно соответствует составам сложных циркониевых титанатов (кальцитрит, циркелит, шриланкит?). Следует отметить, что зерна подобного акцессорного кальцитрита упоминаются при описании слюдистой разновидности кимберлитов Кировоградского мегаблока, где его образование связано с позднемагматическим этапом становления кимберлитового расплава [10]. Находки кальцитрита также отмечаются в карбонатитовых образованиях, ассоциирующих с кимберлитами северо-восточной части Якутской кимберлитовой провинции [1]. Включение шриланкита диагностировано в гранате пироп-альмандинового ряда из трубки «Ягодка» Тобук-Хатыстырского поля [7].

В подчиненном количестве среди минералов тяжелой фракции протолочных проб встречается рутил в виде отдельных призматических микрокристаллов, а также в сростании с зернами Mg-ильменита и карбоната, занимающего интерстициальное положение. Результаты микронзондового анализа отдельных зерен рутила позволили выявить (в массовых долях %): устойчиво повышенную примесь общего железа (0,3–1,71), ванадия (0,95–1,95), незначительные примеси магния (до 0,15), алюминия (0,06–2,25), в одном зерне – несколько повышенное массовое содержание ниобия (0,3%). Подобное развитие таких специфических рутил-ильменит-карбонатных сростков («капель») – характерная особенность оксидов связующей массы кимберлитов Кепинского поля Архангельской провинции. Железо-содержащий рутил, представленный высокопримесной модификацией, с одной стороны, свидетельствует о высоких температурах флюидной кимберлитовой системы, а с другой – о ее повышенной щелочности [2].

Для образцов туфогравелитов 306/1-10,5-11,1 и 230/2-4,8-6,5 методами РФА и ICP-MS изучены петрогеохимические характеристики валового состава пород.

По химическому составу исследуемые породы представляют собой сильно измененную экзогенными про-

цессами смесь осадочного и магматического материала. Экзогенные процессы привели к значительному выносу кремнезема, магния и калия, что отчетливо наблюдается в шлифах и по химическим анализам пород, и выражается в карбонатизации породообразующих минералов и связующей массы. О щелочном и высокотитанистом первичном составе исследуемых пород свидетельствует высокое содержание фосфора, бария и очень высокое – титана. Петрохимический состав изученных образцов однороден, то есть образцы из аномалий AGP 230 и 306 практически не отличаются друг от друга по составу. Породы характеризуют очень высокие массовые содержания Fe_2O_3 (~41–45%), TiO_2 (~9%), низкие массовые содержания SiO_2 (~6%), MgO (~3%). Для сравнения, в кимберлитах Якутии массовые содержания Fe_2O_3 редко превышают 11–15%, максимальные содержания титана отмечены для даек Верхне-Моторчунского поля (6,6%), содержания SiO_2 могут колебаться в зависимости от степени вторичных изменений кимберлитов. Повышенные массовые содержания Fe_2O_3 и пониженные MgO отмечены для выветрелых кимберлитовых пород Ары-Мастахского поля – трубок Незабудка (Fe_2O_3 34–52 и MgO 10–11%), Ночная (Fe_2O_3 25–43 и MgO 5–14%). Однако содержания TiO_2 в этих породах не превышают 6% [16]. Пониженные содержания MgO наблюдаются и в туффитах карнийского яруса. По содержанию Al_2O_3 , MnO, CaO, Na_2O , K_2O , P_2O_5 породы сопоставимы с щелочно-ультраосновными.

Геохимический состав традиционно используется для наиболее точного определения генезиса породы по степени обогащения ее редкими и редкоземельными элементами по сравнению с примитивной мантией. Для туфогравелитов аномалий AGP 230 и 306 был изучен валовый геохимический состав пород. При подготовке проб для анализа валового состава породы из образцов по возможности удалялся кварц, осадочные породы. Вулканогенно-осадочные породы характеризуются сопоставимыми с щелочно-ультраосновными породами содержаниями Cr, Co, Zr, Nb, Ta, Sr, Th, U, Ba, LREE, необычно высокими для щелочно-ультраосновных пород (кимберлитов) содержаниями Y, HREE и за счет этого – низким фракционированием REE – низким отношением La/Yb. Повышенные содержания HREE, возможно, связаны с высокими содержаниями рудных минералов в породе, также высокие содержания HREE характерны для кор выветривания по кимберлитам.

На сводных диаграммах распределения редких элементов (рис. 5) видно, что по геохимическим характеристикам, степени обогащения редкими элементами, образцы вулканогенно-осадочных пород достаточно однородны. Вулканогенно-осадочные породы отличаются более высоким уровнем обогащения редкими элементами по сравнению с туффитами карнийского яруса верхнего триаса, являющимися производными

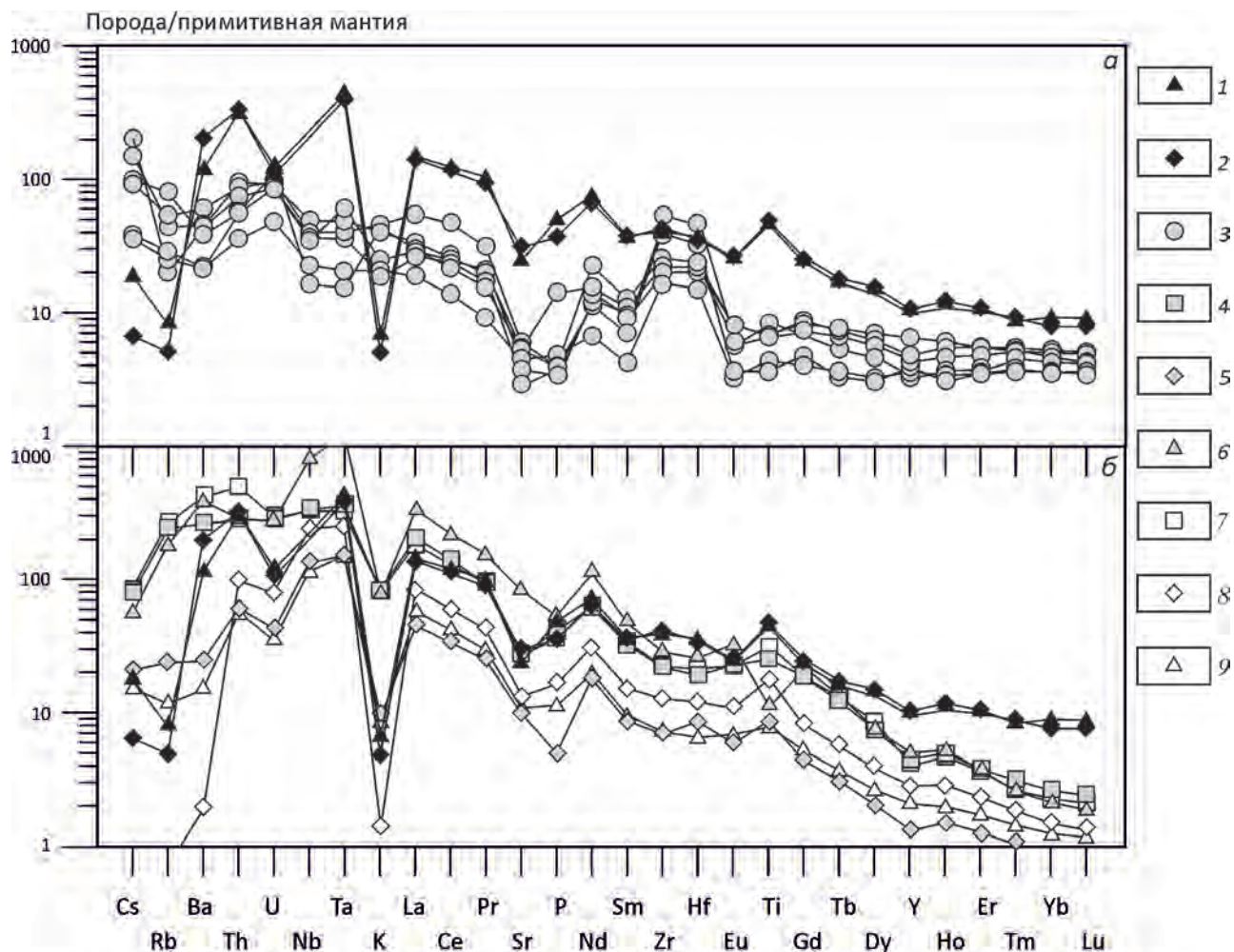


Рис. 5. Распределение редких элементов в вулканогенно-осадочных породах аномалий AGP230-306. Данные для примитивной мантии по работе [19]:

a – породы карнийского яруса верхнего триаса; *б* – мезозойские и палеозойские кимберлиты Якутии; 1 – обр.306/1-10,5-11,1; 2 – обр. 230/2-4,8-6,5; 3 – породы карнийского яруса; 4–6 – мезозойские кимберлиты: 4 – тр. Гранатовая (Куойское поле), 5 – тр. Дьянга (Куойское поле), 6 – Малокуонамская (Куранахское поле); 7–8 – палеозойские кимберлиты: 7 – Ан. 7 (Верхне-Моторчунское поле), 8 – тр. Аэрогеологическая (Верхне-Моторчунское поле); 9 – тр. Мир (Мирнинское поле)

пород основного состава. По остальным характеристикам они сопоставимы с мезозойскими и палеозойскими кимберлитами Якутии. Наибольшее сходство по составу наблюдается с высокотитанистыми разновидностями – трубкой Гранатовая Куойского поля, дайкой Ан. 7 Верхне-Моторчунского поля. Необходимо отметить, что уровень обогащения и соотношения между элементами изменится в породах жерловой фации. Можно ожидать повышение содержаний Cs, Rb и K за счет неизменной слюды, понижение содержаний Fe, Ti, Y и HREE за счет более низких концентраций рудных элементов.

Для вулканогенно-осадочных пород аномалий AGP230 и 306 получены данные по изотопному составу

($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) карбонатов. Из соотношения изотопов углерода и кислорода (табл. 2, рис. 6) видно, что карбонатное вещество пород формировалось в осадочных пресноводных условиях, похожие изотопные соотношения характерны для карбонатизированных кимберлитов Якутии.

Таким образом, изучение петрографических и минералогических характеристик вулканогенно-осадочных пород аномалий AGP 230 и 306 позволяет отнести их к туфогравелитам кратерной фации, то есть переотложенному вулканическому материалу, являющемуся частью мааровой структуры, обрамляющей жерловую часть кимберлитового тела [9]. При этом изменения туфогравелитов происходили на всем этапе их станов-

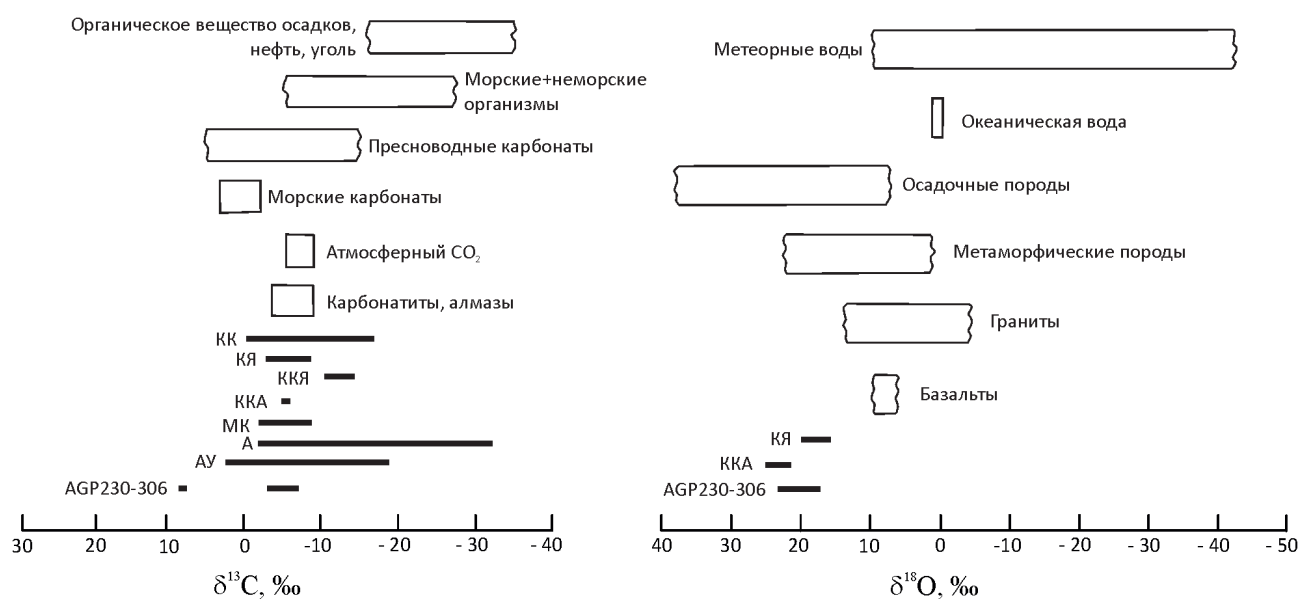


Рис. 6. Вариации $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ для карбонатов из разных источников и вулканогенно-осадочных пород аномалий AGP230-306 по J.Hoefs [17] с дополнениями:

KK – карбонат основной массы кимберлитов [6], KY – кимберлиты Якутии [7], KKY – карбонатизированные кимберлиты Якутии [7], KKA – карбонатизированные кимберлитовые силлы Мельского поля, Архангельской субпровинции [13], MK – магматический карбонатит [6], A – алмазы [6], AY – алмазы из уральских россыпей [18], AGP230-306 – карбонат вулканогенно-осадочных пород щелочно-ультраосновного состава (анализы приведены в табл. 2)

2. Изотопный состав C и O в карбонате вулканогенно-осадочных пород из аномалий AGP230-306

Образец	$\delta^{13}\text{C}, \text{‰}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}, \text{‰}_{\text{VSMOW}}$
230/1-5,5	-7,2	21,4
230/1-5,7	-5	17,8
230/2-5	7,8	23,2
306/1-10,9	-4,3	23,2
306/1-0,5-11,1	-3,1	22

ления – от экзогенных изменений в начале осадконакопления (накопление рудных минералов, выветривание), так и на протяжении всего мезо-кайнозоя при воздействии минерализованных пластовых вод, деформаций, связанных с формированием Верхоянской складчатости (хлоритизация, ожелезнение, карбонатизация).

Необходимо отметить, что вскрытые породы оказались приурочены к участку, который на основании геолого-геофизических предпосылок был выделен как участок возможной локализации куста тел щелочно-ультраосновного состава (потенциально – кимбер-

литов). Следует заметить, что на основании палеогеографических реконструкций было установлено, что с этого участка предполагается снос алмазов в россыпь долины р. Никабыт. К этому же участку примыкает наиболее богатая часть россыпи алмазов в составе булунканской свиты верхнего триаса [12]. Подробно эти данные рассмотрены в статье Ю.К.Голубева, Н.А.Прусаковой и Л.И.Лукияновой «Опыт выявления возможных коренных источников алмазных россыпей Арктической зоны Якутии», опубликованной в этом номере журнала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухова З.А., Зайцев А.И. Особенности вещественного состава и возраст кимберлитовых пород Дюкенского, Лучаканского и Ары-Мастахского полей Якутской провинции // Литосфера. 2006. № 2. С. 34–64.
2. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / О.А.Богатиков, В.К.Гаранин, В.А.Кононова и др. – М.: Изд-во МГУ, 1999.
3. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). – М.: ЗАО Геоинформмарк, 2000.
4. Гаранин В.К. Минералогия кимберлитов и родственных им пород алмазоносных провинций России в связи с их генезисом и поисками // Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – М., 2006.
5. Граханов С.А., Смелов А.П. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 56–63.
6. Доусон Дж. Кимберлиты и ксенолиты в них. – М: Мир, 1983.
7. Костровицкий С.И. Минералогия и геохимия Западной Якутии // Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – Иркутск, 2009.
8. Костровицкий С.И., Гаранин В.К., Варламов Д.А. Шриланкит – вторая находка в мире // ДАН. 1993. Т. 328. № 5. С. 601–604.
9. Махоткин И.Л. Значение вулканических процессов для понимания происхождения и строения кимберлитовых трубок – на примере трубки Юбилейная // Смирновский сборник. 2008. С. 61–92.
10. Минералы циркония из кимберлитов Новоласпинских трубки и дайки (Юго-восток Украинского щита) / С.Н.Цымбал, А.А.Кременецкий, В.Б.Соболев и др. // Mineralogical Journal (Ukraine). 2011. 33. № 1. Pp. 41–62.
11. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы / С.А.Граханов, А.П.Смелов, К.Н.Егоров, Ю.К.Голубев // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 3–12.
12. Перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов и золота Российской Федерации / А.И.Иванов, С.С.Вартанян, А.И.Черных и др. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2016. № 3. С. 1–9.
13. Rb-Sr возраст кимберлитовой трубки Пионерская (Архангельская алмазоносная провинция) / В.А.Первов, Е.С.Богомолов, В.А.Ларченко и др. // ДАН. 2005. Т. 400. № 1. С. 88–92.
14. Рэтские россыпи алмазов Сибири / С.А.Граханов, Ю.А.Маланин, В.И.Павлов и др. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 160–170.
15. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. – Новосибирск: Наука, 1974.
16. Шамишина Э.М. Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии. – Новосибирск: Наука, 1979.
17. Hoefs J. Stable Isotope Geochemistry. 6th edition. Springer, 2009.
18. Laiginhas F. Diamonds from the Ural Mountains: their characteristics and the mineralogy and geochemistry of their inclusions: PhD thesis/ F. Laiginhas. Fernando A. T. P. Laiginhas. Glasgow. 2008.
19. McDonough W.F., Sun S.S. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. Vol. 120. Pp. 223–253.