

В. Ф. ПРОСКУРНИН, А. В. ГАВРИШ, О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ),
А. С. ГАЛКИН (Севералмаз), Н. П. ВИНОГРАДОВА, М. В. НАУМОВ (ВСЕГЕИ),
В. И. СИЛАЕВ (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Л. И. ЛУКЬЯНОВА,
Е. Е. РОНИНА, В. А. САЛТАНОВ (ВСЕГЕИ)

Потенциально алмазоносные раннемезозойские инъекционные брекчии Восточного Таймыра

Приведена детальная петрографо-минералогическая и геохимическая характеристика инъекционных брекчий, прорывающих триасовые отложения в районе мыса Цветкова (Восточный Таймыр). Эти породы рассматриваются как своеобразный тип флюидоэксплозивных образований предположительно средне-позднетриасового возраста. Они формируют крутопадающие тела, содержащие материал глубинных пород. Наличие в них пиропы, пикроильменита и хромшпинелидов (при резком преобладании последних), аналогичных по составу и облику минералам из алмазоносных образований карнийского базального горизонта и ангардамтасского комплекса, позволяет рассматривать инъекционные брекчии как возможные источники алмазов и их минералов-спутников в карнийских коллекторах. Это ставит задачу крупнообъемного опробования выявленных eksploзивных пород и постановки работ, ориентированных на поиски алмазов в южном обрамлении гор Бырранга.

Ключевые слова: *флюидоэксплозивные породы, инъекционные брекчии, п-ов Таймыр, алмазоносность, триас.*

V. F. PROSKURNIN, A. V. GAVRISH, O. V. PETROV (VSEGEI),
A. S. GALKIN (PJSC "Severalmaz"), N. P. VINOGRADOVA, M. V. NAUMOV (VSEGEI),
V. I. SILAEV (ИГ Коми НЦ УрО РАН), L. I. LUK'YANOVA,
E. E. RONINA, V. A. SALTANOV (VSEGEI)

Potentially diamondiferous Early Mesozoic injection breccias at the Eastern Taimyr Peninsula

Petrographic, mineralogical, and geochemical features of injection breccias erupting the Triassic sequence at the Tsvetkov Cape (Eastern Taimyr) are given. The rock is identified as a special type of fluidic-explosion formations of presumably Middle to Late Triassic age. It forms high-angle bodies containing some material from deep-seated rocks. Fluidic-explosive breccia contains pyrope, picroilmenite, chromous diopside and chromous spinel (the latter is highly predominant) that are analogous by composition and image to the minerals from diamondiferous formations – Carnian basal horizon and Angardam-Tasa complex. This makes possible to assume that the fluidic-explosion breccia can be a source of diamonds and associate minerals in Carnian collectors. Both large-volume sampling of the revealed explosion rocks and prospecting along the southern edge of the Byrranga Mountains are recommended to test this hypothesis.

Keywords: *fluidolite, injection breccias, Taymyr Peninsula, diamond-bearing rocks, Triassic.*

Проблема формирования коренных источников специфических округлых алмазов уральского типа, широко распространенных в крупнейших россыпных месторождениях на северо-востоке Сибирской платформы [2, 5, 8, 23], остается нерешенной как в отношении типа пород, так и их возраста. Достаточно определенно показано лишь, что эти источники магматические, но скорее всего некимберлитовые [2]; при этом предполагаемый возраст коренных источников варьирует от докембрийского [1] до средне-позднетриасового [7]. Такая ситуация определяет актуальность поисков потенциально алмазоносных пород в регионе [14, 16]. Наиболее перспективны зоны сочленения платформы с раннекемберийской Быррангской и позднекемберийской Восточнотаймырско-Оленекской эпиплатформенными складчатыми системами (рис. 1), где широко проявлен средне- и позднетриасовый

магматизм, включающий в себя образования, рассматриваемые теми или иными исследователями в качестве возможных коренных источников алмазов – альнеиты, кимберлиты, лампроиты, коровые карбонатиты, а также флюидоэксплозивные брекчии, туфы и туффиты основного и ультраосновного составов; в перечисленных породах обнаружены минералы-спутники алмаза, а иногда и сами алмазы.

Полуостров Таймыр – один из первых регионов России, где прогнозировалась алмазоносность. Одно из интрузивных тел (всего известны три) на правобережье р. Верхняя Таймыра (сопка Банато), опробованное Н. Н. Урванцевым в 1929, В. С. Соболевым в 1937 г. отнесено к альнеитам, близким к сопровождающим кимберлиты мелилитовым базальтам Южной Африки [19], а Г. Г. Моором в 1941 г. – к слюдяным кимберлитам [12]. При

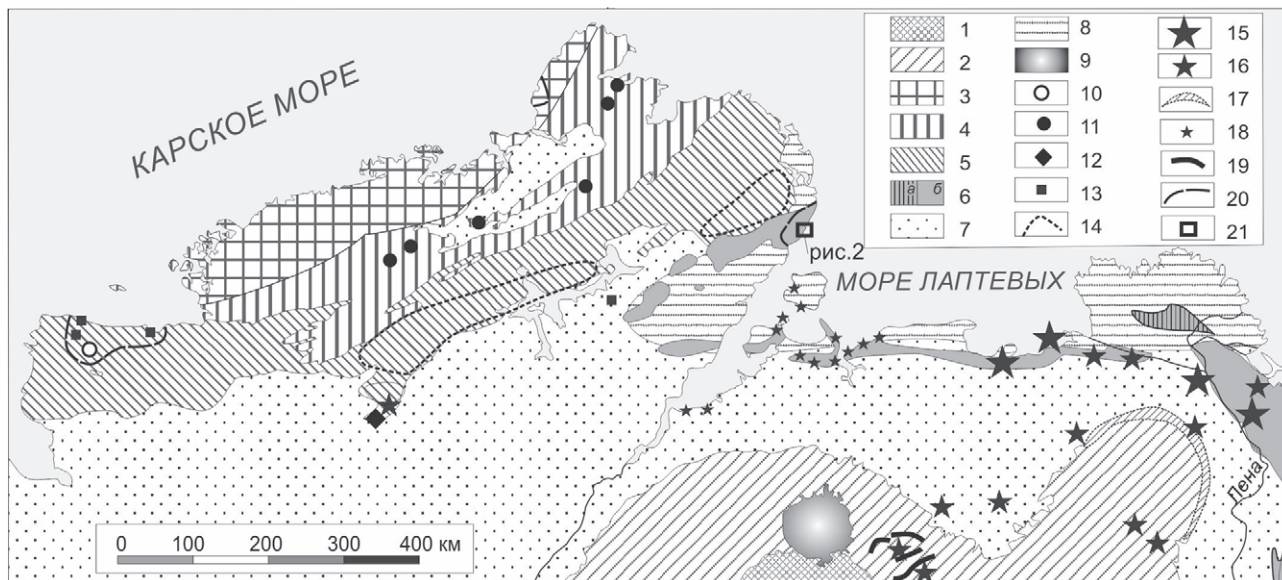


Рис. 1. Схема размещения проявлений нетрадиционных источников коренных алмазов и проявлений алмазоносности в северной части Сибирской платформы и ее складчатом обрамлении по [2, 4, 8, 14–17]

1, 2 – Сибирская платформа: раннедокембрийский фундамент (1), рифей – нижнемезозойский чехол (2); 3 – Северо-Карский геоблок, рифейско-среднеордовикские образования; 4, 5 – Таймырская складчатая система: протерозойско-среднепалеозойские (4), позднепалеозойско-раннемезозойские (5) образования; 6 – Восточнотаймырско-Оленекская складчатая зона верхояний: докембрийские (а) и позднепалеозойско-среднемезозойские (б) образования; 7 – юрско-меловой плитный комплекс; 8 – мел-палеогеновый плитный комплекс; 9 – Попигайская астроблема с уникальными месторождениями импактных алмазов [11]; 10, 11 – трубки взрыва средне-позднетриасовые лампроитовые (10), позднерифейские щелочно-трахибазальтовые (11); 12, 13 – дайки алмазоносных альеитов (12), калиевых лампрофиров и лампроитов (13); 14 – ареалы развития тел коровых карбонатов; 15–20 – проявления алмазоносности: 15 – ураганные содержания алмазов в туфах, туффидах и в туфогенно-осадочных породах верхнего триаса (карнийский коллектор), 16 – находки алмазов в древних промежуточных коллекторах, 17 – площадные россыпные проявления алмазов в базальном горизонте рэтского яруса, 18 – находки алмазов в неоген-четвертичных отложениях побережья Хатангского залива, 19 – четвертичные промышленные россыпи, 20 – ореолы пиропы и хромшпинелидов на Таймыре; 21 – контур геологической схемы района м. Цветкова (рис. 2)

АЭФКГЭ-500 (В. С. Скудин и др., 1976) в слюдяных мелилитсодержащих кимберлитах обнаружены три алмаза. Позднее проблемой алмазоносности Таймыра и сопредельных регионов занимались В. А. Вакар [3], М. Г. Равич, Л. А. Чайка, В. В. Жуков, И. Ф. Горина, Л. Я. Пинчук [8] и др. На Западном Таймыре А. П. Романовым [17, 18] установлены потенциально алмазоносные лампроиты.

Однако единственным выявленным к настоящему времени в северном обрамлении Сибирской платформы продуктивным коллектором алмазов является базальный горизонт карнийского яруса верхнего триаса [5, 6], простирающийся от Восточного Таймыра до низовьев р. Лена и характеризующийся резким преобладанием алмазов V и VII разновидностей, по Ю. Л. Орлову [13], отсутствующих в кимберлитах. В последнее время на основании детального петрографо-геохимического изучения обоснован вулканический гидроэксплозивно-обломочный генезис части этого «горизонта» [15], так что в восточном сегменте Восточнотаймырско-Оленекского ареала он выделен в алмазоносный вулканический ангардамтасский комплекс (Госгеолкарта-1000/3, лист S-51,52 – дельта р. Лена, 2014); предполагается базит-ультрабазитовый [15] или даже лампроитовый [9] состав вулканического протолита.

На Восточном Таймыре карнийские отложения, нижнюю часть которых выделяют в объеме осипайской свиты мощностью до 60 м, выходят на побережье моря Лаптевых в районе м. Цветкова и низовьев р. Чернохребетная (рис. 1). Здесь они залегают среди мощного осадочно-вулканогенного разреза,

охватывающего образования от среднего карбона до юры (И. М. Мигай, 1952; А. М. Казаков и др., 1982; А. С. Дагис, А. М. Казаков, 1984) (рис. 2). Этот разрез содержит на разных уровнях секущие тела умереннощелочных долеритов, габбродолеритов, габбродиоритов восточнотаймырского комплекса среднего-позднего триаса. В нижнетриасовых отложениях присутствуют покровы миндалекаменных базальтов. В основании осипайской свиты залегают мелкогалечные конгломераты, содержащие обломки различных осадочных и вулканогенных пород (Госгеолкарта-1000/3, лист S-49 – Хатангский залив, 2012). В этом базальном слое выявлены пиропы, состав которых отвечает преимущественно лерцолитовой ассоциации [5].

Инъекционные брекчии мыса Цветкова. При проведении региональных прогнозно-минерогенических и поисковых работ в 2010–2013 гг. в осадочно-вулканогенных отложениях нижнего триаса района м. Цветкова выявлены три субвертикальных тела инъекционных брекчий. Наиболее мощное (20 м) тело прорывает туфы и туффицы основного состава нижней части восточнотаймырской свиты нижнего триаса (рис. 2, 3). Второе маломощное тело (2 м) залегает на контакте ыстыннахской алевролитовой и прибрежининской алевролит-песчаниковой свиты нижнего триаса. Третье тело (4 м) прорывает песчаники моржовской свиты среднего триаса. Все они характеризуются резкими субвертикальными контактами с вмещающими породами и местами флюидальной текстурой (рис. 3).

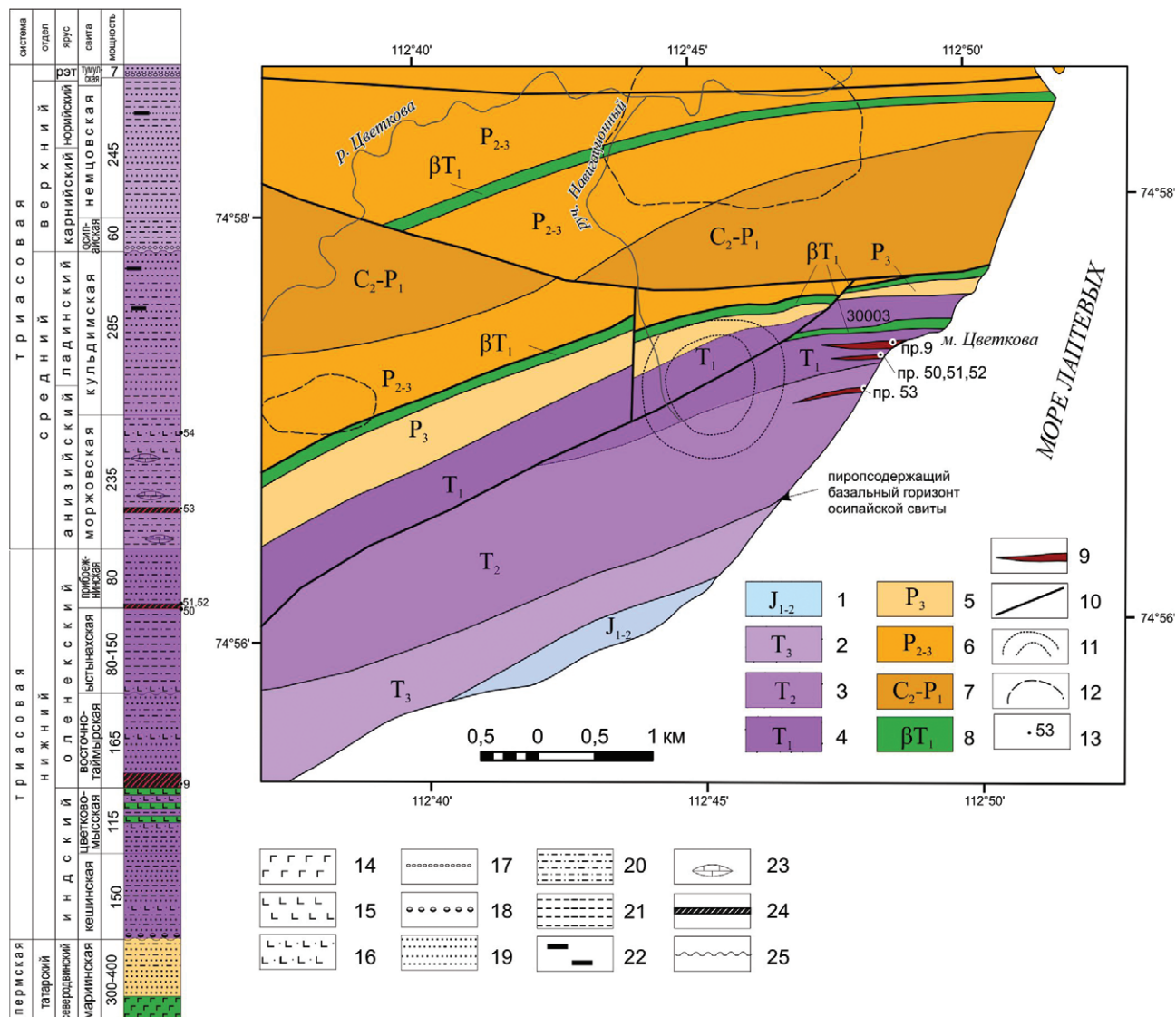


Рис. 2. Геологическая схема и стратиграфическая колонка верхнепермско-триасовых отложений района м. Цветкова.

На геологической схеме: 1 – терригенные отложения нижней–средней юры, 2 – терригенные отложения верхнего триаса; 3 – терригенные и вулканогенно-осадочные породы среднего триаса; 4 – вулканогенно-осадочные породы нижнего триаса; 5 – угленосные терригенные отложения татарской перми (мариинская толща); 6 – морские терригенные отложения биармийской-татарской перми (скалистая толща); 7 – карбонатно-терригенные отложения среднего карбона – нижней перми; 8 – дайки долеритов восточнотаймырского комплекса; 9 – инъекционные тела флюидоэксплозивных брекчий; 10 – разрывные нарушения; 11 – линейменты кольцевой морфоструктуры, по данным дешифрирования космоснимков; 12 – контуры положительных аномалий поля силы тяжести; 13 – точки отбора проб флюидоэксплозивных брекчий. На стратиграфической колонке: 14 – габброиды; 15 – базальты; 16 – туфогенно-осадочные породы; 17 – мелкогалечные конгломераты; 18 – валунные конгломераты; 19 – песчаники; 20 – алевролиты; 21 – аргиллиты; 22 – линзы углей; 23 – линзы известняков; 24 – флюидоэксплозивные брекчии; 25 – угловое несогласие

Инъекционные тела сложены псаммитовыми и мелкопесчистыми брекчиями с резко преобладающим вулканогенным материалом в обломках (рис. 4), однако состав кластического материала существенно различается. В целом кластическая составляющая представлена эллипсоидальными, интенсивно измененными (ожеженными) вулканическими стеклами, часто с реликтами закалочных кайм и флюидальной текстуры, ксенотуфами, туфами, различными базальтоидами (в том числе лавобрекчиями), а также кристаллокластами (в основном кварца, меньше полевых шпатов). Гораздо реже наблюдаются обломки осадочных пород (в том числе туфопесчаников). Необходимо отметить, что базальты из обломков аналогичны по структурно-текстурным особенностям лавам из

покровов в составе цветковомысской свиты. Многие класты галтованы (абрадированы во флюидном потоке) и по этой причине однородны по всему объему (не имеют каймы), другие в большей или меньшей степени деформированы, сильно трещиноваты и представлены угловатыми осколками, по периферии которых с сохранившейся округлой стороны наблюдаются реликты густоокрашенной криптокристаллической закалочной каймы.

Содержание связующей массы достигает иногда 55–60 об. %; она сочетает тонкообломочный, сильно измененный ксенотуфовый материал, погруженный в глинисто-карбонатный цемент, который иногда перекристаллизован в чисто кальцитовый агрегат (рис. 4, Г). Обломки ксенотуфов, туфов и стекол большей частью интенсивно



Рис. 3. Секущие тела инъекционных брекчий на м. Цветкова. *А* — тело мощностью 2 м на контакте выстигнахской алевролитовой и прибрежининской алевролит-песчаниковой свит. Границы тела брекчий показаны пунктиром. *Б* — контакт наиболее мощного тела инъекционных брекчий (слева на снимке) с базальтами цветковомысской свиты (справа на снимке). Оба тела брекчий имеют секущие резкие контакты и признаки флюидальной текстуры. Белыми прямоугольниками показаны места отбора мелкообъемных проб. Высота обрыва около 9 м

преобразованы с развитием водных железистых филлосиликатов (в основном септехлоритов) и гидроксидов железа, причем содержание последних может достигать 50–60 % от количества обломков (рис. 4, *Г*). Тем самым они нередко напоминают оолитовые железные руды, подобные измененным туфам ангардамтасского комплекса Оленёкской протоки.

Примечательные особенности брекчий:

- редкое присутствие фрагментов измененных оливин-мелилитовых пород с заливами цементирующего (флюидного) материала по трещинам (рис. 4, *Ж*);

- присутствие обломка карбонатных пород с фауной мшанок, которые могли попасть в рассматриваемую часть разреза только из ордовикских или силурийских отложений, залегающих в данном районе на глубинах более 4 км, а также обохренных обломков древесины (рис. 4, *Е*) скорее всего позднепермского возраста;

- нередкое появление в карбонатизированном цементе обломков кварца с признаками плоскостных хрупких деформаций (рис. 4, *В, И*), формирование которых возможно только в условиях сверхвысоких (до 2–3 ГПа) давлений, хотя и не достигающих уровня ударных нагрузок [25].

Исходя из текстурных особенностей, резких вариаций состава обломков и их интенсивного изменения, сочетания угловатых и округлых обломков, состава вулканогенного материала, присутствия чуждых породам рамы литокластов и глыб, в том числе глубоко нижележащих пород, галтованного облика значительной части обломков, редкого появления кварца с признаками плоскостных хрупких деформаций, вышеописанные породы диагностированы как флюидоэксплозивные брекчии основного состава [24].

Методы аналитических исследований. Для трех проб инъекционных брекчий из двух тел (9, 50, 52 — рис. 2, 3) весом 2228, 876 и 1210 г в Поморский ГРЭ ОАО «Севералмаз» проведен сокращенный минералогический анализ шлихов, в результате которого извлечены минералы — возможные спутники алмаза: гранаты, пикроильмениты, хромшпинелиды и хромдиопсид (все — во фракциях $-1...+0,5$ и $-0,5...+0,25$). Состав выделенных минералов, включая 12 зерен гранатов, 6 зерен пикроильменитов, 156 зерен хромшпинелидов и одно зерно хромдиопсида, исследован Е. Л. Грузовой в ЦЛ ВСЕГЕИ на микрозондовом анализаторе CamScan MX-2300 с приставкой Link AN-10/85S (*K α* излучение, ускоряющее напряжение 20 кВ, диаметр зонда 1×1 мкм, экспозиция 70 с, чувствительность метода 0,03–0,04 вес. %). Суммарное железо в таблицах состава минералов представлено как FeO.

Помимо детального петрографического изучения, в ЦЛ ВСЕГЕИ определен химический состав пород по соответствующим методикам (см. <http://www.vsegei.ru/ru/structure/labanalytics/lab>). Петрогенные элементы, а также Ba, Cr, V определены рентгеноспектральным флуоресцентным методом (ARL-9800, аналитик Б. А. Цимошенко); Rb, Sr, Zr, Y, Pb, Nb — АРФ-6, аналитик Л. А. Матвеева; Co, Ni, Cr, Cu, V, Sc, La, Yb — ICP-AES (Optima-4300, аналитик Э. Г. Червякова); редкоземельные элементы — ICP-MS (ELAN-DRC-6100, аналитик В. А. Шишлов).

Геохимические особенности инъекционных брекчий. Несмотря на малый размер выборки, можно отметить определенную геохимическую специфику инъекционных брекчий. В соответствии со своей литологической неоднородностью, они характеризуются в целом резкими вариациями содержаний как петрогенных, так и редких элементов (табл. 1).

Главной отличительной особенностью инъекционных брекчий м. Цветкова является низкое

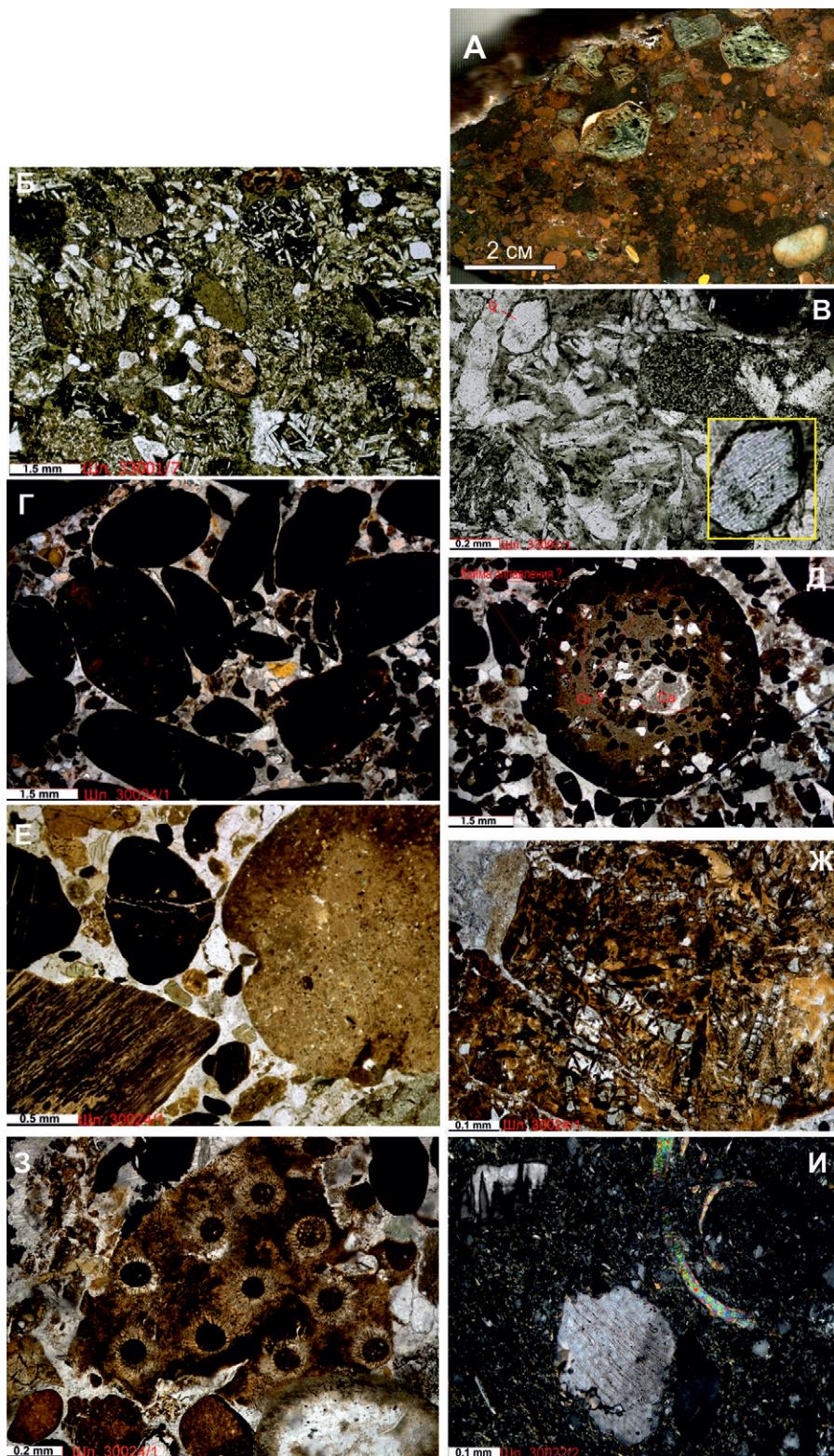


Рис. 4. Структурно-текстурные особенности инъекционных брекчий (номера образцов приведены на снимках)

А – штуп; остальные – микрофотографии шлифов, б/ан. Макроскопический облик инъекционной брекчий из наиболее мощного тела. Наблюдаются галтованные фрагменты ожелезненных пород и более крупные класты зеленоватого пористого девитрифицированного вулканического стекла. *Б, В* – флюидоэксплозивная псаммито-мелкопесчистовая брекчия с преобладанием обломков в различной степени раскристаллизованных бюзальтов, а также туфов и кристаллокластов. В верхней левой части снимка *В* – обломок кварца с хрупкими плоскостными деформациями (в правом нижнем углу показан с увеличением 2×). Связующая масса брекчий тонкообломочная туфовидная с глинистым цементом. *Г* – общий вид брекчий с интенсивно ожелезненными обломками ксенотуфов и стекол, цемент преимущественно карбонатный. *Д* – галтованный обломок ксенотуфа с каймой обжига по периферии. *Е* – обломок вулканического стекла (справа), ксенотуфа (темный – в центре) и пластинка обугленной древесины (левый нижний угол) в туфовидной связующей массе. *Ж* – обломок нодуля гипергенно преобразованной оливин-мелилитовой породы. *З* – обломок раннепалеозойской карбонатной породы, содержащий остатки мшанок. *И* – обломок кварца с хрупкими плоскостными деформациями в тонкообломочном туфовом цементе

Состав инъекционных брекчий и других пород района м. Цветкова

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
мас. %									
SiO ₂	19,3	23,9	20,1	22,5	49,0	51,2	56,2	65,6	28,3
TiO ₂	0,48	0,72	1,95	2,31	1,49	1,26	1,30	1,00	1,69
Al ₂ O ₃	6,31	7,83	8,01	8,43	14,7	16,1	16,1	14,2	25,0
Fe ₂ O ₃	30,9	4,07	1,80	2,12	5,57	5,09	6,40	3,10	10,1
FeO	2,60	17,8	0,49	0,53	6,47	4,00	2,90	5,20	18,2
MnO	0,59	0,38	1,25	1,59	0,23	0,15	0,10	0,10	0,11
MgO	1,14	1,65	0,96	0,97	4,97	4,75	2,30	1,80	2,87
CaO	17,9	20,8	33,9	32,1	7,43	8,84	3,90	0,90	1,10
Na ₂ O	0,35	0,58	1,56	1,59	3,57	2,93	2,00	0,70	0,49
K ₂ O	0,62	1,08	0,56	0,70	0,57	1,31	1,60	2,10	0,68
P ₂ O ₅	1,86	6,79	0,45	0,49	0,17	0,16	0,20	0,10	0,78
п.п.п.	17,6	13,8	27,7	25,9	5,07	3,44	6,30	4,60	8,79
Сумма	99,7	99,4	98,7	99,2	99,2	99,3	99,3	99,3	98,0
ppm									
Co	63	34	49	53	54	44	24	35	30
Ni	42	44	36	31	30	42	51	70	39
Cu	22	10	85	97	20	71	45	42	40
Zn	171	102	56	57	133	100	122	246	99
Pb	59	11	18	21	13	18	13	41	9
V	288	209	249	228	345	286	193	546	410
Cr	82	96	48	56	131	119	124	293	303
As	158	94	40	23	7	3	4	13	25
Rb	32	34	13	15	8	37	50	90	12
Sr	277	456	549	504	275	303	216	132	270
Y	82	127	46	57	24	25	24	22	23
Zr	107	122	170	199	96	134	183	317	199
Nb	7	8	17	19	7	10	10	21	16
Sb	2,6	1,2	0,6	0,7	0,3	0,2	0,3	0,9	0,6
Ba	186	200	1090	1090	411	467	288	400	590
La	49,5	92,9	29,6	36,0	13,6	22,3	21,7	28,9	12,5
Ce	98,7	176,0	71,7	91,2	29,6	47,3	44,6	56,6	31,9
Pr	11,1	20,7	9,2	11,6	3,7	5,6	5,7	6,0	3,4
Nd	48,6	79,5	37,8	49,4	15,7	21,9	20,5	22,8	14,1
Sm	12,5	17,7	12,8	13,6	4,1	5,0	4,8	4,4	3,6
Eu	3,4	5,1	3,9	4,2	1,4	1,4	1,4	0,9	1,0
Gd	14,0	23,3	10,1	13,7	4,6	5,1	5,0	4,0	3,5
Tb	2,2	3,0	1,5	1,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
Dy	12,8	18,3	9,5	11,6	4,7	4,7	4,3	3,7	3,4
Ho	2,7	3,7	1,8	2,4	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
Er	7,1	10,1	5,0	5,7	2,8	2,8	2,5	2,6	2,0
Tm	1,0	1,3	0,7	0,7	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Yb	6,8	8,3	5,1	4,8	2,6	2,7	2,5	2,9	1,9
Lu	1,1	1,2	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3
ΣPЗЭ	271,5	461,1	199,5	247,6	85,2	121,4	115,3	135,1	79,3
Hf	2,2	2,6	5,5	6,1	2,7	3,6	4,8	8,2	6,1
Ta	0,3	0,4	1,2	1,3	0,4	0,7	0,6	1,4	1,0
Th	1,8	2,2	2,4	3,0	2,7	4,3	5,5	11,6	6,2
U	2,2	4,2	1,4	2,3	0,8	1,2	1,7	3,5	2,0
n	1	1	1	1	9	7	4	4	4

Примечание: 1–8 – породы разреза м. Цветкова: 1–4 – флюидоэксплозивные брекчий (пр. 9, 50, 51, 52); 5 – базальты цветково-мысской и кешинской свит; 6 – габбродолериты; 7 – туфопесчаники восточнотаймырской и ыстыннахской свит; 8 – терригенные породы осипайской свиты; 9 – гидроэксплозивные туфы ангардамтасского комплекса [16]; n – число проб.

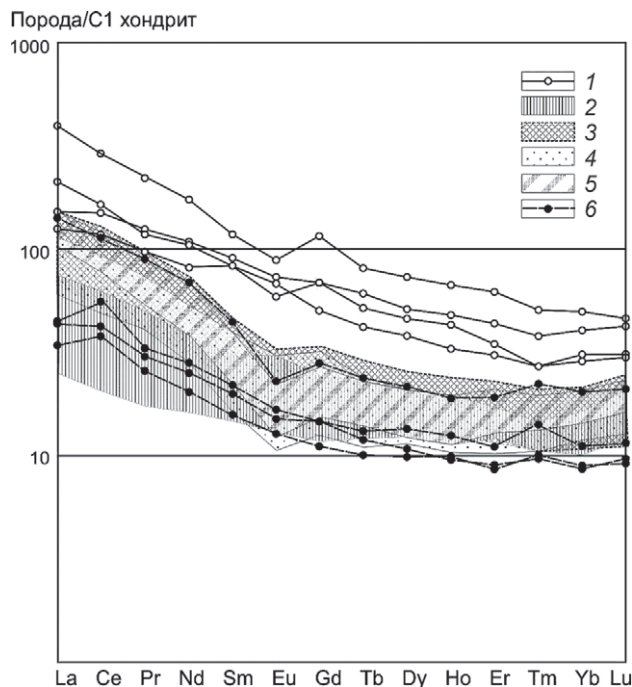


Рис. 5. Кривые распределения РЗЭ, нормированные к С1 хондриту, в флюидоэксплозивных брекчиях м. Цветкова и некоторых образованиях вмещающего триасового разреза. Показаны также кривые распределения РЗЭ гидроэксплозивных туфов ангардамтасского комплекса

1–5 – породы разреза м. Цветкова: 1 – флюидоэксплозивные брекчии, 2 – базальты, 3 – долериты, габбродолериты, 4 – туфопесчаники восточнотаймырской и ыстыннахской свит, 5 – теригенные породы осипайской свиты; 6 – гидроэксплозивные туфы ангардамтасского комплекса

содержание SiO_2 , как и в алмазоносных гидроэксплозивных образованиях ангардамтасского комплекса. Однако в отношении большинства других химических параметров подобное сходство отсутствует. Инъекционные брекчии характеризуются повышенными содержаниями Р, As, REE и пониженными Mg и Cr, что указывает скорее всего на незначительную роль источников ультраосновного состава в их формировании. Карбонатный цемент брекчий указывает на высокие содержания Ca и совместимых с ним элементов (Sr, Y, Ce) во флюиде. Эти породы характеризуются также значимо более высокими содержаниями РЗЭ, чем любые иные компоненты триасового разреза м. Цветкова, и в 4–7 раз превышающими таковые для ангардамтасского комплекса (рис. 5). По другим индикаторным параметрам распределения РЗЭ (соотношения LREE/HREE, Eu^*/Eu) различий не наблюдается; как и в других геохимических параметрах, распределение РЗЭ в инъекционных брекчиях характеризуется сильной вариативностью, указывая на генетическую неоднородность составляющих эти породы компонентов.

Вместе с тем, несмотря на широкую вариативность химического состава инъекционных брекчий и существенное отличие их по содержаниям большинства элементов от гидроэксплозивных туфов ангардамтасского комплекса, по характеру геохимических связей элементов эти две группы пород резко отличаются от всего разнообразия пород, составляющих триасовый разрез района м. Цветкова, включая магматические базиты, как эффузивные,

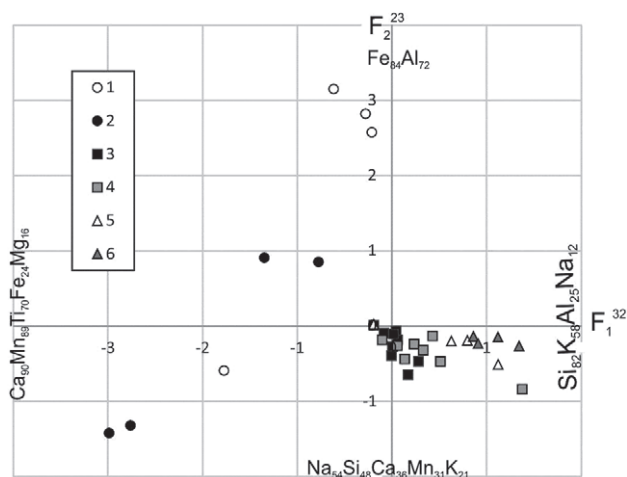


Рис. 6. Диаграмма главных компонент петрогенных компонентов триасовых пород района м. Цветкова

Фигуративные точки составов: 1 – туфы ангардамтасского комплекса; 2 – флюидоэксплозивные брекчии; 3 – базальты; 4 – габбродолериты, долериты; 5 – туфогенно-осадочные породы ыстыннахской и восточнотаймырской свит; 6 – осадочные породы осипайской свиты

так и гипабиссальные, не говоря уже о туфогенно-осадочных и осадочных образованиях. Наиболее четко это показывает факторная диаграмма, построенная по содержаниям петрогенных элементов (рис. 6). Такая картина свидетельствует об отсутствии прямой генетической связи рассматриваемых инъекционных брекчий и пространственно ассоциирующих с ними базальтоидов.

Минералы-индикаторы алмазоносного магматизма. При опробовании инъекционных брекчий в них выделены минералы-индикаторы алмазоносного магматизма: пиропы, пикроильмениты, хромшпинелиды и хромдиопсид при резком преобладании хромшпинелидов над гранатом (156 и 12 зерен); пикроильменит и хромдиопсид редки. Все зерна минералов-спутников неокатанные, зерна пиропов угловатые и угловато-округлые лиловые, красные, оранжево-красные.

Гранаты. Из проанализированных 12 зерен гранатов 5 представляют пироп, остальные относятся к альмандину и одно зерно к спессартину (табл. 2). Все пиропы извлечены из более мощного тела флюидоэксплозивных брекчий. Размеры зерен пиропов обычно 0,3–0,6 мм (98 % всех зерен). Они представляют собой, как правило, неокатанные осколки неправильной формы, угловатые и угловато-округлые, лилового, красного или фиолетово-красного цвета со слабокорродированной поверхностью. Содержание пиропового минерала 55–76, кноррингитового 0,8–13,2, уваровитового 3,7–11,4 %. Присутствие высокохромистых пиропов с высоким содержанием кноррингитового компонента – специфичный признак продуктивного карнийского горизонта севера Сибири [23]. На классической диаграмме $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ [21] пиропы попадают в поле лерцолитового парагенезиса (рис. 7), аналогично подавляющему большинству пиропов из базального горизонта осипайской свиты как на м. Цветкова [5], так и в центральной и восточной частях Восточнотаймырско-Оленекского ареала [4], а также из ангардамтасского комплекса [16]. Еще одним специфическим признаком

Таблица 2

Химический состав гранатов (мас. %) из инъекционных брекчий по данным микрозондового анализа

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	44,38	42,67	37,23	42,21	36,54	41,11	35,14	36,34	36,94	37,5	36,27	41,24
TiO ₂	0,26	0,17	0,00	0,00	0,00	0,27	0,22	0,38	0,95	0,18	0,00	0,88
Al ₂ O ₃	21,15	21,92	20,09	20,89	20,37	16,02	20,05	19,56	19,34	17,26	19,58	17,5
Cr ₂ O ₃	2,27	1,74	0,00	3,09	0,00	8,43	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10
FeO	7,09	7,80	29,63	6,75	35,91	7,19	32,29	34,24	31,06	20,64	34,79	8,67
MnO	0,30	0,18	0,86	0,36	0,19	0,77	1,36	1,13	2,09	22,43	1,16	0,00
MgO	20,96	20,69	0,41	21,72	1,72	18,73	0,63	0,49	1,08	0,00	0,70	18,28
CaO	3,94	4,45	10,81	4,44	3,61	6,45	8,35	7,08	7,52	0,73	8,28	5,95
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма	100,36	99,75	99,01	99,47	98,33	98,97	98,61	99,22	98,98	98,75	100,79	98,62
Тi-андрадит	1,39	0,91	0,00	0,00	0,00	1,50	1,36	2,34	5,84	1,14	0,00	4,89
Андрадит	4,84	2,31	3,79	3,39	1,14	4,13	3,16	3,11	1,07	1,06	7,91	1,36
Уваровит	3,74	4,90	0,00	7,90	0,00	11,37	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	9,45
Гроссуляр	0,00	3,20	27,53	0,00	9,48	0,00	18,12	15,27	15,05	0,00	15,91	0,00
Кноррингит	2,61	0,00	0,00	0,79	0,00	13,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,37
Пироп	71,16	73,24	1,65	76,05	7,04	55,48	2,57	2,00	4,39	0,00	2,80	58,77
Альмандин	10,31	13,65	64,49	11,14	81,65	11,54	71,35	75,39	68,12	39,11	72,13	15,33
Спессартин	0,60	0,36	1,97	0,47	0,44	1,61	0,66	1,45	4,82	46,53	0,00	0,00

Таблица 3

Представительные анализы хромшпинелидов (мас. %) из инъекционных брекчий района м. Цветкова

Компо- ненты	1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17
MgO	18,53	14,46	12,77	14,66	10,00	9,78	8,48	7,55	7,83	4,19	6,94	4,85	5,69	2,99	3,25
Al ₂ O ₃	44,22	37,12	31,17	25,62	23,85	20,35	13,76	8,02	8,42	5,58	2,82	7,83	6,59	12,72	7,89
TiO ₂	0,21	0,88	0,00	0,17	0,23	0,00	0,06	0,00	0,38	0,01	0,00	0,73	5,17	9,10	15,56
V ₂ O ₅	0,03	0,20	0,21	0,17	0,00	0,42	0,20	0,21	0,08	0,01	0,54	0,00	0,48	1,39	5,91
Cr ₂ O ₃	22,62	26,10	37,63	38,20	41,86	46,92	50,80	64,45	63,49	68,61	70,12	51,51	37,68	15,86	24,34
MnO	0,13	0,27	0,00	0,90	0,16	0,55	0,91	0,00	0,27	1,35	0,28	1,21	0,43	0,29	0,00
FeO*	14,26	20,10	18,31	20,83	23,12	20,17	25,52	20,39	20,12	19,03	19,51	33,91	42,92	57,60	43,06
Сумма	100,0	99,13	100,1	100,6	99,22	98,19	99,73	100,6	100,6	98,78	100,2	100,0	98,95	99,96	100,0
Ti	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,14	0,23	0,41
Al	1,43	1,27	1,10	0,90	0,89	0,78	0,54	0,32	0,34	0,24	0,12	0,32	0,27	0,51	0,33
Cr	0,48	0,59	0,88	0,89	1,03	1,18	1,31	1,71	1,68	1,92	1,92	1,39	1,02	0,42	0,67
Mg	0,76	0,62	0,57	0,65	0,47	0,47	0,42	0,38	0,40	0,22	0,36	0,25	0,30	0,15	0,17
*Fe ²⁺	0,33	0,49	0,46	0,52	0,61	0,55	0,71	0,58	0,57	0,57	0,57	0,98	1,25	1,64	1,27

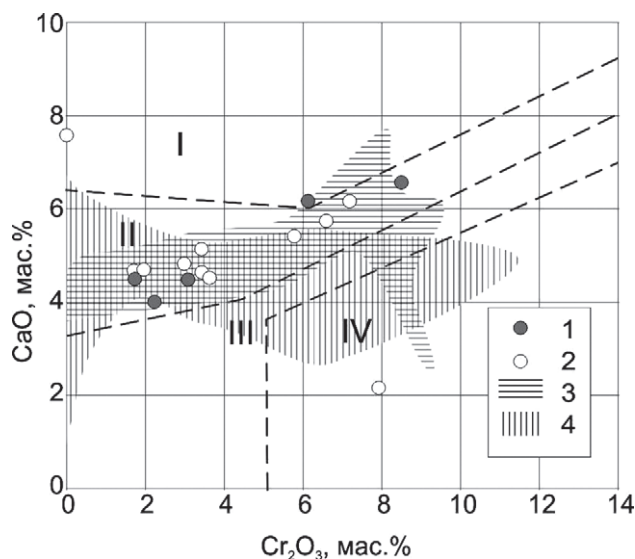


Рис. 7. Диаграмма $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ [20] состава пиропов из флюидоэксплозивных брекчий м. Цветкова. Показаны поля составов пиропов верлитовой (I), лерцолитовой (II), дунит-гарибургитовой (III), в том числе алмазной (IV) ассоциаций 1, 2 – фигуративные точки пиропов из инъекционных брекчий (1) и из базального горизонта осипайской свиты (2) [5] м. Цветкова; 3, 4 – поля составов пиропов из базального карнийского горизонта восточного – 3 (кряж Чекановского) и центрального – 4 (кряж Прончищева) секторов Восточнотаймырско-Оленекского ареала [4]

россыпей северо-востока Сибирской платформы, в отличие от алмазосных кимберлитов всех регионов мира, является присутствие обогащенных марганцем ($\text{MnO} > 0,5\%$) гранатов [23]. Среди изученных зерен из флюидоэксплозивных брекчий такие гранаты составляют 50 %. Однако большинство из них (исключая анализы 6 и 7 из табл. 1) отличается низкой хромистостью и титанистостью, высокой железистостью и скорее всего связаны с аналогами основных метаморфических пород Анабарского щита.

Хромшпинелиды. Зерна обычно размером от $0,35 \times 0,35$ до $0,6 \times 0,5$ мм представлены практически неокатанными кристаллами с комбинацией простых форм октаэдр + додекаэдр либо октаэдрическими. Состав хромшпинелидов различается в широких пределах как при соотношении хрома и алюминия, так и содержания магния (табл. 3). Содержание Cr_2O_3 изменяется от 15,86 до 70,12, среднее 49,0 %; $K_{\text{ок}} = \text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+})$ 0,00–0,57, среднее 0,16; $K_{\text{Fe}} = \text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ 0,24–0,85, среднее 0,54; $K_{\text{Cr}} = \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ 0,25–0,94, среднее 0,67. Хотя высокое содержание хрома в шпинелидах не является надежным критерием потенциальной алмазосности, по соотношениям Mg/Cr , Al/Cr и Ti/Cr (рис. 8) подавляющее большинство изученных зерен попадает за пределы поля ультрамафитов Гулинского плутона. 98 % зерен характеризуется низкими содержаниями титана, что считается признаком хромитов из алмазосных кимберлитов [20, 23]. Хромшпинелиды из ангардамтасского комплекса и инъекционных брекчий м. Цветкова по составу практически не отличаются.

Пикроильмениты относятся к парамагнитной разновидности с низкой степенью окисленности железа ($K_{\text{ок}} = 0,02-0,11$) и высоким коэффициентом железистости ($K_{\text{Fe}} = 0,53-0,64$). Зерна

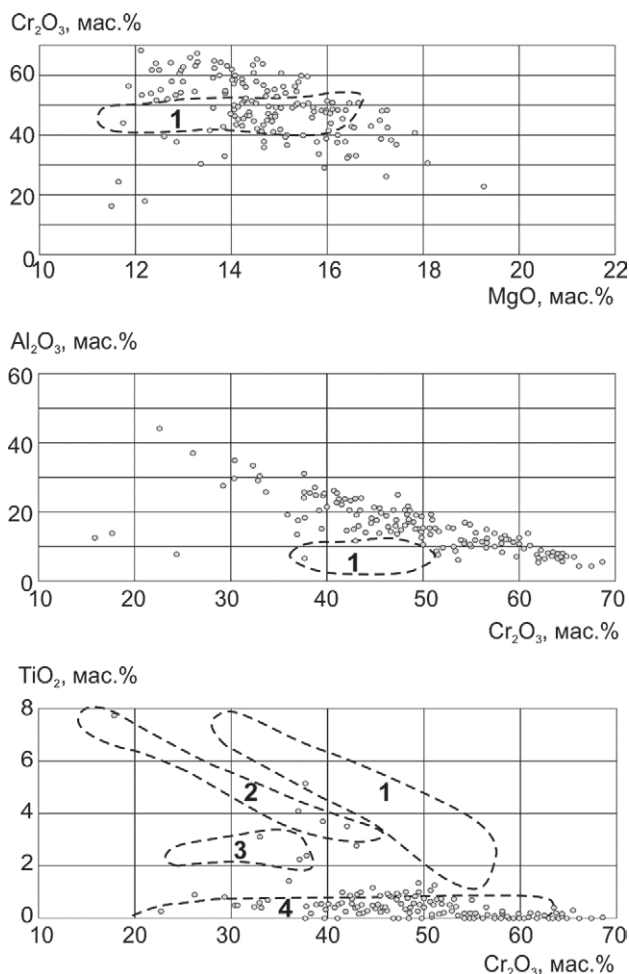


Рис. 8. Вариационные диаграммы состава хромшпинелидов из флюидоэксплозивных брекчий м. Цветкова (размер выборки 156 анализов). Приведены тренды закономерного изменения состава хромшпинелидов (обведены пунктирными линиями) по [19, 22]

1 – хромшпинелиды из ультрамафитов Гулинского плутона; 2–4 – составы, возможные для кимберлитов, в том числе 4 – составы, вероятные для алмазосных кимберлитов

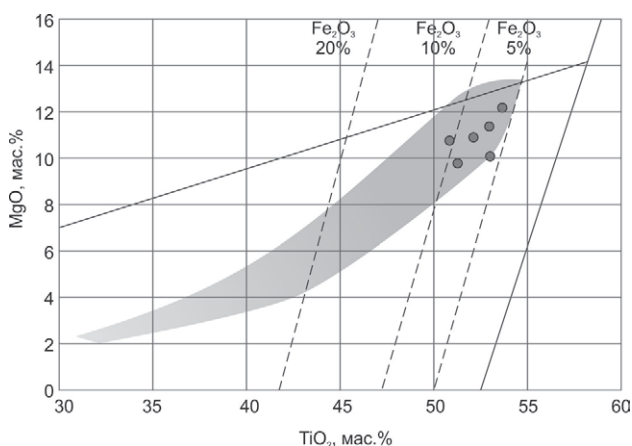


Рис. 9. Состав пикроильменитов из флюидоэксплозивных брекчий м. Цветкова. График $\text{MgO}-\text{TiO}_2$ для кимберлитов по [21]. Серая заливка – поле составов пикроильменитов из базального карнийского горизонта [22]

Таблица 4

**Состав пикроильменитов (мас. %)
из инъекционных брекчий района м. Цветкова**

Ком- по- ненты	1	2	3	4	5	6
TiO ₂	52,99	53,01	50,88	51,27	53,65	52,13
Al ₂ O ₃	0,72	0,74	0,59	0,43	0,51	0,38
Cr ₂ O ₃	0,89	1,53	1,28	0,73	1,54	0,74
FeO*	30,85	32,18	35,39	22,02	29,79	34,8
MnO	0,58	0,46	0,59	13,19	0,15	0,41
MgO	11,37	10,09	10,76	9,77	12,17	10,90
ZnO	—	0,36	—	—	—	—
V ₂ O ₅	0,94	1,06	0,66	0,87	0,93	0,71

достигают размеров $1,75 \times 1,4$ мм, на поверхности фиксируется лейкоксеновая корочка. Минерал характеризуется незначительными вариациями состава, отвечающего классическому графику MgO—TiO₂ для кимберлитов [22] в области низких вероятных содержаний Fe₂O₃ (рис. 9). Содержание магния укладывается в достаточно узкий интервал значений от 9,8 до 12,2 % (табл. 4). Зерна характеризуются повышенными концентрациями марганца и алюминия; последнее может указывать на парагенезис с гранатом [23]. По соотношениям Mg/Fe = 0,54–0,80 и Al:Cr:Mn (В. К. Гаранин и др., 1984) они аналогичны пикроильменитам из ксенолитов ильменитовых гипербазитов и эклогитоподобных пород, присутствующих в кимберлитах, а также содержащихся в их основной массе. Составы всех измеренных зерен попадают в поле пикроильменитов из базального карнийского горизонта, хотя и не показывают столь широких вариаций содержаний магния и соотношения Ti/Fe (рис. 9).

Хромдиопсид. Химический состав единственного выявленного зерна (в мас. %): SiO₂ 52,27; TiO₂ 0,74; Al₂O₃ 3,30; Cr₂O₃ 0,72; FeO* 4,80; MgO 15,35; CaO 22,39. Соотношение Ca/(Ca + Mg) составляет 0,51, а Fe⁺³/(Fe⁺³ + Fe⁺²) 0,20. Особенности состава данного пироксена позволяют считать его низкотемпературным (850–950 °С) минералом, способным кристаллизоваться из расплавов различного состава. Учитывая химические особенности хромдиопсидов из алмазоносных пород (В. И. Ваганов, 2000), следует отметить, что пониженное содержание хрома, повышенное титана, отсутствие натрия свидетельствуют о связи данного зерна с источником скорее ультрабазитового состава, чем с кимберлитами.

Обсуждение результатов. Несмотря на ограниченный объем изученного материала, выявление своеобразных инъекционных брекчий в поле развития триасовых образований западного фланга Восточнотаймырско-Оленекского ареала может иметь существенное значение для прогнозирования алмазоносности и алмазоносных пород в регионе, представляющем собой зону перехода от Сибирской платформы к обрамляющим складчатым сооружениям. Инъекционные брекчии, развитые на м. Цветкова, характеризуются рядом

специфических черт, позволяющих относить их к отдельному формационному типу флюидоэксплозивных образований.

Эти породы формируют крутопадающие секущие тела с брекчиевой и флюидалной текстурой, содержащие материал глубинных пород и зерна минералов с признаками высокобарических деформаций, и представляют собой, таким образом, инъективные криптоэксплозивные трубки. Они отличаются неоднородностью литологического и химического состава, но в то же время обладают рядом черт, отличающих их от любых иных пород верхнепермско-триасового разреза восточного побережья Таймыра, в частности высоким содержанием РЗЭ и низкой кремнеземистостью. Хотя в значительной мере брекчии сложены обломками вулканического материала базальтового состава, несоответствие геохимических параметров не позволяет их считать комагматами ранне- и среднетриасовых базальтоидов. По большинству геохимических параметров они отличны и от гидроэксплозивных туфов ангардамтасского комплекса. В то же время наблюдаются важные сходные черты как в структурном (наличие железненных галтованных вулканокластов, нодулей оливин-мелилитовых пород и т. п.), так и в геохимическом (весьма низкое содержание кремнезема, близкие значения петрохимических модулей) аспектах. Изученные инъекционные брекчии содержат индикаторные минералы алмазоносного магматизма, аналогичные по составу и облику (в первую очередь по незначительной степени окатанности) минералам из карнийского базального горизонта и ангардамтасского комплекса. Специфика составов гранатов, хромдиопсидов, пикроильменитов из флюидоэксплозивных брекчий показывает их близость к соответствующим минералам из карнийского горизонта (все фигуративные точки составов на вариационных диаграммах ложатся в поля карнийского горизонта, а меньшая вариативность состава минералов из флюидоэксплозивных брекчий может быть обусловлена небольшими объемами выборок). По аналогии с названными образованиями инъекционные флюидоэксплозивные брекчии, развитые в триасовом разрезе Восточного Таймыра, могут рассматриваться как потенциально алмазоносные породы, в том числе и в качестве предполагаемых коренных источников алмазов в промежуточных коллекторах.

Изученные брекчии прорывают породы нижнего и среднего триаса. Хотя время их образования не определено, вполне логично связывать их с широко проявленным в пределах Южнобырангского и Восточнотаймырско-Оленекского складчатых поясов позднепермско-Оленекского складчатых поясов позднепермско-Оленекского складчатых поясов позднепермско-Оленекского складчатых поясов позднепермско-Оленекского складчатых поясов (с пиком на рубеже ладинского и карнийского веков) тектоно-термальным событием. К последнему относится формирование лампроитов, альнеитов, коровых карбонатитов в пределах Таймырской складчатой системы, а также ряда кимберлитовых тел Эбеляхского района и, вероятно, гидроэксплозивных туфов ангардамтасского комплекса.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о выявлении своеобразного типа раннемезозойских (?) инъекционных образований на Восточном Таймыре — инъективных флюидоэксплозивных брекчий, которые можно рассматривать как возможные коренные источники алмазов и их

минералов-спутников в карнийских коллекторах. Нетрадиционные источники коренных алмазов связываются со средне-позднетриасовым тектономагматическим этапом, сопровождающимся формированием лампроитов, трубок взрыва щелочных сиенитов, коровых карбонатитов, алмазоносных карнийских туффилов и гидроэксплозивных туфов кимберлитов. Флюидоэксплозивные образования, очевидно, требуют более детального изучения и опробования, необходимого для получения более представительных объектов минералогических и петрографо-геохимических исследований.

Выявление потенциально алмазоносных образований в Восточном Таймыре ставит задачу крупнообъемного опробования рассматриваемых образований и постановки геологосъемочных работ, ориентированных на поиски алмазов в южном обрамлении гор Бырранга. Кроме того, появление новых материалов по алмазности explosивно-брекчиевых формаций в Восточнотаймырско-Оленекской складчатой системе, а также возможное выявление месторождений алмазов нетрадиционного типа в Приуралье [10] требуют новых подходов к изучению алмазности в районах окраинных частей платформ и зон их сочленения со складчатыми подвижными поясами.

Работа подготовлена при финансовой поддержке Роснедра по Государственным контрактам № 2 от 30.09. 2004 и № 44 от 30.03.2006.

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Логвинова А.М. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Зап. РМО. 2009. Ч. 137. № 2. — С. 1—14.

2. Афанасьев В.П. Полигенез алмазов Сибирской платформы / В.П. Афанасьев, С.С. Лобанов, Н.П. Похиленко, В.С. Коптиль, С.И. Митюхин, А.В. Герасимчук, Б.С. Помазанский, Н.И. Горев // Геология и геофизика. 2011. Т. 52(3). — С. 335—353.

3. Вакар В.А. К вопросу о вероятной алмазности Таймыра // Информ. бюлл. НИИГА. — Л.: Недра, 1958. Вып. 8. — С. 49—51.

4. Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А. и др. Россыпи алмазов России. — Новосибирск: Гео, 2007. — 457 с.

5. Граханов С.А., Ядренкин А.В. Прогноз алмазности триасовых отложений Таймыра // Докл. РАН. 2007. Т. 416. № 5. — С. 663—656.

6. Граханов С.А. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса — источника алмазов северо-востока Сибирской платформы / С.А. Граханов, А.П. Смелов, К.Н. Егоров, Ю.К. Голубев // Отч. геология. 2010. № 5. — С. 3—12.

7. Граханов С.А., Зинчук Н.Н., Соболев Н.В. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на северо-востоке Сибирской платформы // Докл. РАН. 2015. Т. 465 (6). — С. 715—719.

8. Жуков В.В., Горина И.Ф., Пинчук Л.Я. Кайнозойские алмазоносные россыпи Анабаро-Оленекского междуречья. — Л.: Недра, 1968. — 143 с.

9. Летникова Е.Ф. Источники поступления обломочного материала в карнийский алмазоносный горизонт северо-востока Сибирской платформы / Е.Ф. Летникова, С.С. Лобанов, Н.П. Похиленко, А.Э. Изох, В.И. Николенко // Докл. РАН. 2013. Т. 451 (2). — С. 193—196.

10. Лукьянова Л.И., Остроумов В.Р., Рыбальченко А.Я. и др. Алмазоносные флюидно-эксплозивные образования Пермского Приуралья. — М.—СПб.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, ВСЕГЕИ, 2011. — 240 с.

11. Масайтис В.Л., Кириченко В.Т., Мащак М.С., Федорова И.Г. Коренные месторождения и россыпи импактных

алмазов Попигайского района // Регион. геология и металлогения. 2013. № 54. С. 89—98.

12. Моор Г.Г. О слюдяных кимберлитах на севере Центральной Сибири // ДАН СССР. 1941. Т. XXXI. № 4. — С. 361—363.

13. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. — М.: Наука, 1984. — 264 с.

14. Петров О.В., Лукьянова Л.И., Проскурнин В.Ф. Проблема поисков коренных источников алмазов в зонах сочленения платформ и складчатых областей // Регион. геология и металлогения. 2012. № 50. — С. 64—72.

15. Проскурнин В.Ф., Виноградова Н.П., Гавриш А.В., Наумов М.В. Признаки explosивнообломочного генезиса алмазоносного карнийского горизонта Усть-Оленекского района (петрографо-геохимические данные) // Геология и геофизика. 2012а. Т. 53. № 6. — С. 698—711.

16. Проскурнин В.Ф., Петров О.В., Курбатов И.И. и др. Перспективы выявления новых алмазоносных районов и нетрадиционных источников коренных алмазов на севере Центральной Сибири (Таймыро-Североземельский регион) // VI междунар. горно-геологический форум «Мингео Сибирь 2010» и междунар. семинар «Алмазы Сибири и Арктических регионов мира — история, настоящее и будущее». — Красноярск: КНИИГиМС, 2012б. — С. 118—128.

17. Романов А.П. Лампроиты Таймыра и их минералогические индикаторы в мезозойско-кайнозойских коллекторах // Геология промежуточных коллекторов алмазов. — Новосибирск: Наука, 1994. — С. 105—108.

18. Романов А.П. Перспективы алмазности Горного Таймыра // Недра Таймыра. — Норильск: Изд-во ВСЕГЕИ, 1997. — Вып. 1. С. 185—198.

19. Соболев В.С. Особенности магматических проявлений и металлогении платформ на примере формации Сибирских траппов // Тез. докл. XVII МКГ. 1937. — М.—Л., ОНТИ.

20. Соболев А.В. Фазовый состав меймечитов севера Сибири и некоторые проблемы их генезиса // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. — Новосибирск: Наука, 1978. — С. 330—347. (Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 403).

21. Соболев Н.В., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н., Соболев Е.В. Хромовые пиропы из алмазов Якутии // ДАН СССР. 1969. Т. 189 (1). — С. 162—165.

22. Соболев Н.В. О минералогических критериях алмазности кимберлитов // Геология и геофизика. 1971. № 3. — С. 70—79.

23. Соболев Н.В., Логвинова А.М., Николенко Е.И., Лобанов С.С. Минералогические критерии алмазности верхнетриасовых россыпей северо-восточной окраины Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2013. Т. 54(8). — С. 1162—1178.

24. Шарпенко Л.Н., Лукьянова Л.И. К систематике и классификации флюидоэксплозивных горных пород // Вулканизм и геодинамика: Материалы II Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. — Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2003. — С. 744—746.

25. Stöf fler D., Langenhorst F. Shock metamorphism of quartz in nature and experiment: I. Basic observation and theory // Meteoritics. 1994. Vol. 29. — P. 155—181.

1. Afanas'ev V.P., Zinchuk N.N., Logvinova A.M. Features distribution of alluvial diamonds associated with Precambrian sources. *Notes of the Russian Mineral. Soc.* 2009. Pt. 137. No 2, pp. 1—14. (In Russian).

2. Afanas'ev V.P., Lobanov S.S., Pohilenko N.P., Koptil' V.S., Mityuhin S.I., Gerasimchuk A.V., Pomazanskij B.S., Gorev N.I. Polygenesis of diamonds of the Siberian platform. *Geologiya i geofizika*. 2011. Vol. 52(3), pp. 335—353. (In Russian).

3. Vakar V.A. On the probable diamondiferousness of Taimyr. *Inform. byull. NIIGA*. Leningrad: Nedra. 1958. Iss. 8, pp. 49—51. (In Russian).

4. Grahano S.A., Shatalov V.I., Shtyrov V.A. et al. Rossypi almazov Rossii [Diamond placers in Russia]. Novosibirsk: Geo. 2007. 457 p.
5. Grahano S.A., Yadrenkin A.V. Forecast of diamond content of the Triassic deposits of Taimyr. *Dokl. RAN*. 2007. Vol. 416. No 5, pp. 663–656. (In Russian).
6. Grahano S.A., Smelov A.P., Egorov K.N., Golubev Yu.K. Sedimentary-volcanogenic nature of the base of the Carnian stage – a source of diamonds of the northeast of the Siberian platform. *Otech. geologiya*. 2010. No 5, pp. 3–12. (In Russian).
7. Grahano S.A., Zinchuk N.N., Sobolev N.V. Age of predicted indigenous diamond sources in the northeast of the Siberian platform. *Dokl. RAN*. 2015. Vol. 465 (6). Pp 715–719. (In Russian).
8. Zhukov V.V., Gorina I.F., Pinchuk L.Ya. Kajnozoijskie almazonosnye rossypi Anabaro-Olenekskogo mezhdurech'ya. [Cenozoic diamondiferous placers of the Anabar-Olenek interfluv]. Leningrad: Nedra. 1968. 143 p.
9. Letnikova E.F., Lobanov S.S., Pohilenko N.P., Izoh A. Eh, Nikolenko V.I. Sources of clastic material entering the Carnian diamondiferous horizon of the northeast of the Siberian. *Dokl. RAN*. 2013. Vol. 451 (2). Pp. 193–196. (In Russian).
10. Luk'yanova L.I., Ostroumov V.R., Rybal'chenko A. Ya. et al. Almazonosnye flyuidno-ehksplozivnye obrazovaniya Permskogo Priural'ya [Diamondiferous fluid-explosive formations of Perm Urals]. Moscow; St. Petersburg: GEOKART, GEOS, VSEGEI. 2011. 240 p.
11. Masajtis V.L., Kirichenko V.T., Mashchak M.S., Fedorova I.G. Indigenous deposits and placers of impact diamonds of Popigay district. *Region. geologiya i metallogeniya*. 2013. No 54, pp. 89–98. (In Russian).
12. Moor G.G. About mica kimberlites in the north of Central Siberia. *DAN SSSR*. 1941. Vol. XXXI. No 4, pp. 361–363. (In Russian).
13. Orlov Yu.L. Mineralogiya almaza. 2-e izd. [Mineralogy of diamond. 2nd edition]. Moscow: Nauka. 1984. 264 p.
14. Petrov O.V., Luk'yanova L.I., Proskurnin V.F. The problem of searching for indigenous diamond sources in the areas of articulation of platforms and folded areas. *Region. geologiya i metallogeniya*. 2012. No 50, pp. 64–72. (In Russian).
15. Proskurnin V.F., Vinogradova N.P., Gavrish A.V., Naumov M.V. Signs of the explosively clastic genesis of the diamondiferous Carni horizon of the Ust-Olenek region (petrographic and geochemical data). *Geologiya i geofizika*. 2012a. Vol. 53. No 6, pp. 698–711. (In Russian).
16. Proskurnin V.F., Petrov O.V., Kurbatov I.I. et al. Prospects for identifying new diamond-bearing areas and unconventional sources of indigenous diamonds in the north of Central Siberia (Taimyr-Severo-Zemelsky region). *VI International Mining and Geological Forum «Mingeo Sibir 2010» and the international seminar «Diamonds of Siberia and the Arctic regions of the world – history, present and future»*. Krasnoyarsk: KNIIGiMS. 2012b. Pp. 118–128. (In Russian).
17. Romanov A.P. Lamproites of Taimyr and their minerals-indicators in the Mesozoic-Cenozoic reservoirs. *Geology of intermediate collectors of diamonds*. Novosibirsk: Nauka. 1994. Pp. 105–108. (In Russian).
18. Romanov A.P. Prospects of diamondiferousness of the Mountain Taimyr. *Nedra Taimyr*. Noril'sk: Izd-vo VSEGEI. 1997. Iss. 1, pp. 185–198. (In Russian).
19. Sobolev V.S. Features of magmatic manifestations and metallogeny of platforms on the example of the formation of Siberian traps. *Abstracts of the XVII IGC*. 1937. Moscow; Leningrad. (In Russian).
20. Sobolev V.S. Phase composition of meimechites of the north of Siberia and some problems of their genesis. *Problems of petrology of the earth's crust and upper mantle*. Novosibirsk: Nauka. 1978. Pp. 330–347. (Tr. IGIG SO AN SSSR. Vyp.). (In Russian).
21. Sobolev N.V., Lavrent'ev Yu.G., Pospelova L.N., Sobolev E.V. Chrome pyrope from the diamonds of Yakutia. *DAN SSSR*. 1969. Vol. 189 (1). Pp. 162–165. (In Russian).
22. Sobolev N.V. On mineralogical criteria for the diamond content of kimberlites. *Geologiya i geofizika*. 1971. No 3. Pp. 70–79. (In Russian).
23. Sobolev N.V., Logvinova A.M., Nikolenko E.I., Lobanov S.S. Mineralogical criteria of diamond content of Upper Triassic placers of the northeastern margin of the Siberian platform. *Geologiya i geofizika*. 2013. Vol. 54(8). Pp. 1162–1178. (In Russian).
24. Sharpenok L.N., Luk'yanova L.I. Towards a systematics and classification of fluidexplosive rocks. *Vulcanism and geodynamics: Materials II All-Russian symposium on volcanology and paleovolcanology*. Ekaterinburg: Institut geologii i geohimii UrO. 2003. Pp. 744–746. (In Russian).
25. Stöfner, D., Langenhorst, F. 1994: Shock metamorphism of quartz in nature and experiment: I. Basic observation and theory. *Meteoritics*. Vol. 29. 155–181.

Проскурнин Василий Федорович — доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Vasily_Proskurnin@vsegei.ru>

Гавриш Анатолий Владимирович — вед. специалист, ВСЕГЕИ¹. <Anatoly_Gavrish@vsegei.ru>

Петров Олег Владимирович — доктор геол.-минер. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ¹. <OPetrov@vsegei.ru>

Галкин Анатолий Сергеевич — гл. геолог, ПАО «Севералмаз». Ул. Карла Маркса, 15, Архангельск, 163000, Россия. <AGalkin@severalmaz.ru>

Виноградова Нина Петровна — канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Nina_Vinogradova@vsegei.ru>

Наумов Михаил Виленович — канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Mikhail_Naumov@vsegei.ru>

Силаев Валерий Иванович — доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Ул. Первомайская, д. 54, Сыктывкар, 167982, Россия. <silaev@geo.komisc.ru>

Лукьянова Людмила Ивановна — канд. геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Lyudmila_Lyukianova@vsegei.ru>

Ронина Елизавета Евгеньевна — канд. геол.-минер. наук, вед. инженер, ВСЕГЕИ¹.

Салтанов Василий Алексеевич — геолог, ВСЕГЕИ¹. <saltanov@vsegei.ru>

Proskurnin Vasily Fedorovich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI¹. <Vasily_Proskurnin@vsegei.ru>

Gavrish Anatoly Vladimirovich — Leading Expert, VSEGEI¹. <Anatoly_Gavrish@vsegei.ru>

Petrov Oleg Vladimirovich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, VSEGEI¹. <OPetrov@vsegei.ru>

Galkin Anatoly Sergeevich — Chief Geologist, PJSC “Severalmaz”. 15 Ul. Karl Marx, Arkhangelsk, 163000, Russia. <AGalkin@severalmaz.ru>

Vinogradova Nina Petrovna — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹. <Nina_Vinogradova@vsegei.ru>

Naumov Mihail Vilenovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI ¹.
<Mikhail_Naumov@vsegei.ru>

Silaev Valeriy Ivanovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Institute of geology Komi UB
RAS. 54 Pervomaiskaia str., Syktyvkar, 167982, Russia. <silae@geo.komisc.ru>

Luk'yanova Lyudmila Ivanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department,
VSEGEI ¹. <Lyudmila_Lyukianova@vsegei.ru>

Ronina Elizaveta Evgen'evna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Engineer, VSEGEI ¹.

Saltanov Vasily Alekseevich – Geologist, VSEGEI ¹. <saltanov@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74,
Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.