

А. П. Казак, К. Э. Якобсон

МИНЕРАЛОГИЯ ПЕРСПЕКТИВНО АЛМАЗОНОСНЫХ РИФЕЙСКИХ ПОРОД КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

В 1990-е годы на Карельском перешейке южнее г. Приозерска в районе с. Яблоновка скважинами Петербургской комплексной геологической экспедиции был вскрыт комплекс пород рифейского возраста, включающий всю гамму осадочных образований от доломитов до конгломерато-брекчий. В конгломерато-брекчиях верхней части комплекса был установлен набор минералов-спутников алмаза (МСА). Решение вопроса о генезисе пород комплекса, в особенности конгломерато-брекчий, оказалось сложным. Было отмечено их некоторое сходство с уральскими алмазоносными «туффизитами», но допускалось их элювиально-делювиальное происхождение [1]. Согласно другому мнению, конгломерато-брекчий были отнесены к классу туффизитов [2].

Обнаружение МСА на Карельском перешейке имеет важное значение, поскольку позволяет предположить наличие нового алмазоносного объекта вблизи Санкт-Петербурга. Неясным оставался вопрос о характере распределения МСА и других минералов по разрезу комплекса в целом. Может ли считаться перспективным весь комплекс или же его отдельные фрагменты. Решению этих вопросов и посвящена настоящая статья.

Изученные породы приурочены к западной бортовой зоне Ладожского прогиба и входят в состав приладожской и яблоновской свит, залегающих на глубинах более 50 м под отложениями верхнего венда или квартера; суммарная мощность их достигает 150 м. Занимаемая свитами площадь невелика: расстояние между крайними скважинами, вскрывшими их, около 15 км, однако нет уверенности, что свиты образуют сплошной покров. Всего на участке «Яблоновка» пробурено 7 скважин, вскрывших приладожскую и яблоновскую свиты. Разрезы первых четырех из них рассмотрены в работе М. Н. Афанасова и др. [1]; предлагаемая статья основана на результатах детального изучения керн скважин № 5–7 с привлечением данных по другим скважинам.

Общая характеристика пород. Нижняя из двух рассматриваемых свит – приладожская – залегает на аркозых песчаниках приозерской свиты и характеризуется пестрым составом. В ней преобладают песчаники в виде прослоев мощностью до 1 м; встречаются доломиты и конгломерато-брекчии.

Песчаники приладожской свиты светло-серые, мелкозернистые, слюдисто-кварцевые. На отдельных участках разреза они дезинтегрированы и изменены. Для новообразованных разностей характерны пльчатые и микроскладчатые текстуры, появление лейст биотита. Обломочные зерна в таких зонах корродированы, расщеплены, их фрагменты и лейсты биотита ориентированы в определенном направлении.

Конгломерато-брекчии приладожской свиты сгруженные или редкогалечные, обломки ост роугольные или слабо окатаны и представлены преимущественно гранитоидами фундамента. По структурно-вещественным признакам они идентичны конгломератам яблоновской свиты, в которой являются преобладающими породами.

Приладожские доломиты светло-серые, реже бурые, слоистые, массивные или брекчиевидные, нередко пористые. Помимо стратифицированных пластов встречаются зоны измененных доломитов, форму которых по керну скважин определить нельзя. Они контактируют с вмещающими породами по неровным поверхностям, различным образом ориентированным в пространстве. Нередко краевые части этих тел содержат терригенную примесь, которая по направлению к центру исчезает. Спектральным анализом в лаборатории ВСЕГЕИ и Невского ПГО установлены высокие концентрации Pb (до 44 г/т) и U (до 12 г/т). Л. Н. Фурмакова на дериватографе фирмы МОМ (Венгрия) путем сравнения с эталонной коллекцией выявила, что доломиты двух изученных образцов имеют спектры, резко отличные от спектров стандартных образцов. Интересные результаты получены Л. В. Толмачевой, которая в вакуумном декрепитографе ВД-5 провела термобарохимическое исследование включений жидкой углекислоты в доломите и обнаружила, что начало гомогенизации системы «доломит – включения» отвечает температуре 820 °С при давлении не менее 5 кбар.

Яблоновская свита имеет относительно монотонный состав и сложена редкогалечными конгломерато-брекчиями, переходящими в разнозернистые песчаники. Средние размеры входящих в нее обломков и галек – 2–4 см, но нередко встречаются и валуны. Обломочный материал представлен гранитоидами, песчаниками, доломитами и магматическими породами основного и ультраосновного составов. Большинство исследователей рассматривают породы яблоновской свиты в качестве продуктов ранневендского оледенения – тиллитов [3, 4]. Проведенное изучение керн скважин не подтвердило вывода о возможности отнесения таких пород к тиллитам. Было установлено, что по структурно-текстурным признакам они могут быть отнесены к классу эксплозивных брекчий – туффизитов, формировавшихся под воздействием глубинных флюидов. Главным признаком отнесения этих пород к флюидизационным образованиям является дробление обломков при перемещении их в движущейся массе «непосредственно на месте» [5]. В данных породах нередко гальки с реакционными каемками на поверхностях, в цементе обнаружены флюидальные текстуры. Термобарохимические исследования Е. В. Толмачевой показали, что кристаллизация аутигенных включений апатита, выделенных из минералогических проб яблоновской свиты, про-

изошла в интервале температур 680–120 °С. Еще более высокие значения – 880–1115 °С получены по газо-жидким включениям вулканического стекла, встреченных в верхней части яблоновской свиты.

Минеральный состав пород. Для приладожской и яблоновской свит характерно большое разнообразие состава минералов. Они могут быть разделены на следующие группы: терригенные, аутигенные, высокобарические МСА и минералы наложенных гидротермальных процессов.

Терригенные минералы встречены практически по всему изученному разрезу. Среди них преобладают гранат (от 20 до 50%), ильменит (20–40%), циркон (10–20%), апатит (10–20%), рутил (5–7%), лейкоксен (10–15%), турмалин. Кроме того, установлены амфибол и пироксен, а в некоторых пробах встречаются окатанные зерна пирита.

Гранат относится к алмадиновому типу. В приладожской свите преобладают мелкие бледно-розовые, реже ярко-розовые, угловатые, без следов истирания, часто с сохранением кристаллических граней формы. Их источником служили кристаллические сланцы ладожской серии нижнего протерозоя. Для яблоновской свиты свойственны ярко-розовые, красные и оранжевые окатанные, редко угловатые гранаты, которые могут быть связаны с корами выветривания архейских и нижнепротерозойских гранитов и гнейсов.

Ильменит в приладожской свите представлен пластинчатыми или угловатыми формами; в яблоновской свите преобладают окатанные зерна. Указанное выше содержание рутила (5–7%) типично в основном для яблоновской свиты, причем распределен он по разрезу неравномерно; преобладает в пробах черный рутил (нигрин); в приладожской свите он присутствует в единичных зернах.

Циркон. Руководящими для приладожской свиты являются призматические формы светло-бурого и бледно-оранжево-желтого цветов, часто пятнистые; в яблоновской свите преобладают хорошо или слабо окатанные от светло-розовых до темно-розовых продолговатые и округлые цирконы.

Апатит обнаружен во всех изученных интервалах разреза; несколько больше его в песчаниках приладожской свиты. Представлен он хорошо окатанными бесцветными или голубоватыми зернами с матовой поверхностью.

Пироксены и амфиболы встречаются в основном в брекчированных породах приладожской свиты. Среди пироксенов отмечены диопсид и диопсид-геденбергит; амфибол представлен зеленоватой или сине-зеленой роговой обманкой.

МСА. В результате анализа проб-протолок из скважин № 5 и 6 были выявлены следующие МСА: пироп, хромдиопсид, хромшпинелид, моноклинный пироксен ряда диопсида, диопсида-геденбергита, ромбический пироксен, флогопит. Обнаружены также и другие высокобарические минералы: муассанит от светло-голубого до темно-зеленого, различные типы корундов, в том числе ярко-красные рубины. Химический состав МСА приведен в таблице.

Пиропы представлены неокатанными угловатыми кристаллами густо-лилового цвета размером от 0,2 до 0,5 мм в поперечнике. Показатели преломления пироба 1,750–1,755. Максимальное содержание пиробов (8 знаков) выявлено в скважине № 6 в интервале 62,2–62,8 м. Единичные кристаллы были встречены в скважине № 5 в интервале 71,5–73,0 и 74,0–78,0 м.

На диаграмме содержания $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ (рисунок) пиропы участка «Яблонька» образуют локализованное поле, соответствующее умеренно хромит-лерцолитовому парагенезису, и занимают промежуточное положение между пиробами из девонских песчаников Ленинградской обл., рыхлых отложений рек Плюсса и Мста и участка «Туршкino» в Ленинградской обл.

Хромдиопсид представлен зернами неправильной, угловатой или таблитчатой формы изумрудно-зеленого цвета размером от 0,2 до 0,5 мм с показателями преломления $N_g - 1,709$; $N_p - 1,681-1,685$; $CNg - 36^\circ$.

Хромшпинелиды были встречены в скважине № 6 в интервале 62,2–62,5 м в виде изометричных округлых и угловатых зерен и октаэдрических кристаллов. Цвет их смоляно-черный, на просвет в тонких осколках коричневатобурый. Некоторые зерна имеют ямчатую поверхность и притупленные вершины октаэдра.

Корунды в виде прозрачных обломков серовато-синего цвета, а также светло-розовые корунды и рубины наблюдаются в ассоциации с МСА в скважине № 6 в интервале 59,5–61,5 м (5 знаков). Здесь же был обнаружен голубовато-синий муассанит (2 знака).

К группе МСА условно может быть отнесено зерно платины размером 0,5 мм, обнаруженное М. Т. Орловой в верхней части яблоновской свиты.

В ассоциации вышеперечисленных минералов присутствует широкий спектр сульфидов: пирит, халькопирит, халькозин, сфалерит (клеофан), галенит, реже арсенопирит и киноварь. Здесь же обнаружены удлиненно-призматические кристаллы апатита (до 50% тяжелой фракции) и барит. Содержание последнего сильно варьирует от редких знаков до 25–40% веса немагнитной фракции. Чаще всего в пробах встречаются призматические, дипирамидально-призматические, реже столбчатые кристаллы, удлиненные по (001). В основном барит прозрачный или бело-молочного цвета, а в скрытокристаллических агрегатах непрозрачен. Блеск стеклянный. Максимальное содержание барита отмечено в скважине № 5, где он часто ассоциирует с халькопиритом, сфалеритом и галенитом.

Важное значение имеет находка в породах яблоновской свиты знакового золота. Впервые М. Т. Орлова в тяжелой фракции из 200-граммовой навески цемента конгломерато-брекчии верхней части свиты обнаружила 23 тонкие чешуйки золота размером 0,2–0,4 мм. Позднее такие же чешуйки были найдены В. А. Николаевым и в других частях разреза свиты. Судя по их форме, золото не россыпное и может быть отнесено к заключительной стадии гидротермального процесса. Ассоциация золота с сульфидами, баритом и киноварью подтверждает такой вывод.

Химический состав минералов-спутников алмаза участка «Яблоновка» (по данным микроанализа, отн. %)

№ скважины (интервал, м)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	ZnO	Сумма
<i>Пирроп</i>											
3 (74-78)	41,88	He обн.	18,97	5,67	He обн.	0,65	20,55	5,50	4,11	He обн.	99,96
3 (78-83)	40,77	" "	18,49	7,05	1,74	0,52	18,77	6,01	4,64	" "	97,99
3 (129-137)	40,89	" "	19,91	5,08	4,07	0,41	19,52	6,73	3,84	" "	100,45
5 (71,5-73)	41,71	" "	20,97	8,15	He обн.	0,52	19,67	5,30	3,19	" "	99,51
5 (74)	41,11	0,13	21,86	6,39	" "	0,36	21,35	4,79	3,99	" "	100,00
6 (59,5-61,5)	41,26	0,002	20,36	8,67	" "	0,53	18,87	5,24	4,72	" "	99,65
6 (60-62,5)	40,90	0,33	8,06	5,19	2,71	He обн.	20,56	5,75	6,42	" "	99,91
6 (62,5-65,8)	40,43	He обн.	19,33	7,32	1,60	0,37	18,59	5,85	4,32	" "	97,80
6 (62,5-65,8)	41,30	" "	19,98	6,93	2,74	0,43	19,71	5,38	3,68	" "	100,13
6 (62,6)	40,62	0,07	21,28	8,46	He обн.	0,57	19,44	5,16	4,41	" "	100,00
6 (62,2-65,8)	41,65	He обн.	19,49	9,23	" "	0,38	19,36	4,72	4,73	" "	99,55
6 (62,2-65,8)	41,43	" "	19,87	8,83	" "	0,51	18,95	5,31	4,77	" "	99,64
<i>Хромитинелиды</i>											
5 (65-78)	0,33	1,03	12,65	22,57	14,58	0,31	8,58	He обн.	42,48	" "	102,54
5 (75-82)	He обн.	1,29	6,78	13,67	5,41	He обн.	13,45	" "	59,53	" "	104,31
5 (75-82)	" "	0,32	10,55	14,29	4,90	0,32	12,51	" "	57,11	0,32	100,31
6 (60-62,8)	" "	0,46	7,29	13,73	8,42	0,31	12,64	" "	57,43	0,36	100,64
6 (62,5-65,8)	" "	He обн.	9,63	9,34	5,75	He обн.	15,79	" "	59,42	He обн.	99,92
<i>Хромдиопсид</i>											
3 (74-78)	55,53	" "	He обн.	2,39	He обн.	" "	15,05	25,88	1,59	" "	100,43
<i>Клинороксен</i>											
3 (74-78)	51,53	" "	12,61	2,39	1,85	" "	9,59	24,07	0,29	" "	99,94

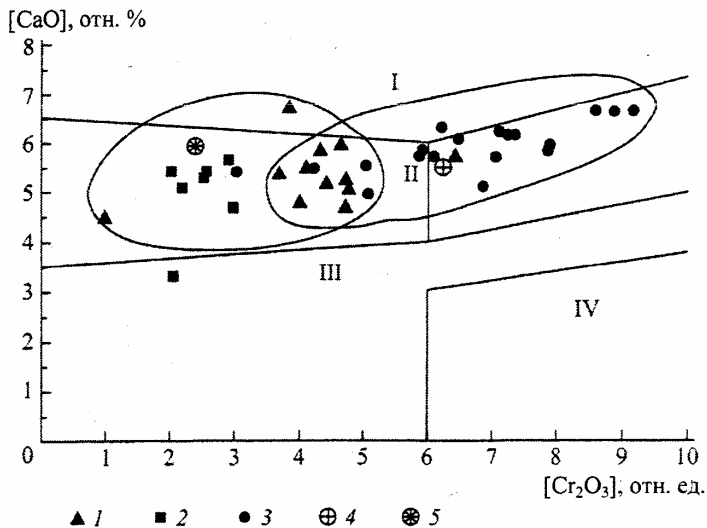


Диаграмма содержаний CaO—Cr₂O₃ в пиропе (по Н. В. Соболеву).

1 – эксfolиальная конгломерато-брекчия участка «Яблоновка»; 2 – отложения верхнего девона Ленинградской обл.; 3 – 5 – четвертичные отложения: 3 – участок «Турышкино» (данные М. С. Лейкума), 4 – р. Плюсса, 5 – р. Мста. Парагенезисы: I – верлитовый, II – лерцолитовый, III – дунит-гарцибургитовый, IV – кимберлитовый.

В цементе песчаников приладожской свиты диагностирован графит, встречающийся в виде чешуек размером до десятых долей миллиметра. Максимальное количество их наблюдается в скважине № 7 в интервале 165–175 м.

В магнитной фракции протолок песчаников приладожской свиты в количестве до 25 вес. % встречаются шарико-сферулы размером от 0,01 до 2 мм. Они установлены по изученному разрезу на четырех уровнях. По морфологии сферулы отличаются от обычных минералов магнитной фракции и характеризуются зональным строением. Внутренняя часть (ядро) имеет радиально-лучистое строение; оболочка представлена стекловатой коркой силикатно-окисного состава.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Максимальное количество высокобарических минералов, в том числе МСА, было выявлено на двух уровнях: в верхних интервалах приладожской и яблоновской свит.

2. Качественный состав МСА приладожской и яблоновской свит различен. В приладожской свите обнаружены только хромдиопсиды и хромшпинелиды; в яблоновской свите наряду с ними присутствуют и пиропы.

3. Наиболее перспективными в отношении алмазности являются породы интервалов 62,2–62,8 и 71,5–73,0 м скважины № 6 и интервала 74,0–78,0 м скважины № 5. Их рекомендуется опробовать на предмет содержания в породах кристаллов алмазов.

4. Структурно-текстурные особенности пород и состав минералов указывают на существенную флюидно-гидротермальную постседиментационную проработку пород рифейского комплекса Карельского перешейка.

Summary

Kazak A. P., Jakobson K. E. Mineralogy of the Riphean potentially diamond-bearing rock from Karelian isthmus.

The Riphean conglomerate and breccia exposed near the town of Priozersk contain diamond-associating minerals: chrome spinel in the Ladoga suite, and the same two minerals together with pyrope in the Jablonovka suite. The composition of these minerals is described.

Литература

1. Афанасов М. Н., Николаев В. А., Орлова М. Т., Якобсон К. Э. Первая находка минералов-спутников алмаза и платины в отложениях Ладожского грабена // Отч. геология. 2001. № 3.
2. Якобсон К. Э., Казак А. П., Толмачева Е. В. Туффизиты под Санкт-Петербургом // Природа. 2003. № 3.
3. Чумаков Н. М. Верхнедокембрийские ледниковые отложения Европейской платформы, их формации и стратиграфическое значение // Тез. докл. совещания по верхнему докембрию (рифее) Русской платформы. М., 1974.
4. Соколов Б. С. Очерки становления венда. М., 1997.
5. Ваганов В. И., Иванкин П. Ф., Кропоткин П. Н. и др. Взрывные кольцевые структуры шитов и платформ. М., 1985.

Статья поступила в редакцию 23 октября 2003 г.