

ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ РАЙОНА ГОРЫ БЛАГОДАТЬ (ЗАПАДНЫЙ СКЛОН СРЕДНЕГО УРАЛА)

Рассмотрены состав и возраст калиевых щелочно-ультраосновных пород горы Благодать западного склона Среднего Урала. Маломощные тела щелочно-ультраосновных пород представлены диатремами, дайками и жилами. Показано, что по вещественному составу (петрографическому, минералогическому, петрогеохимическому) брекчии и порфиры щелочно-ультраосновные породы значительно отличаются от типичных кимберлитов, но близки к специфическим разновидностям кимберлитов гр. II. По геологическим данным и по результатам локального U-Pb датирования цирконов на ионном зонде SHRIMP II установлен среднепалеозойский (D_3-C_1) возраст кимберлитов. Магматические щелочно-ультраосновные породы предлагается выделить в самостоятельный чикманский кимберлитовый комплекс. До настоящего времени изученный магматизм считался докембрийским, однако новые данные позволяют отнести его к среднепалеозойскому этапу активизации Восточно-Европейской платформы, продуктивному на алмазоносные кимберлиты, и прогнозировать в пределах Западного Урала алмазоносные кимберлиты или лампроиты.

Ключевые слова: *Западный Урал, гора Благодать, кимберлиты, циркон, U-Pb датирование, среднепалеозойский возраст, комплекс.*

Composition and age of potassic alkaline ultramafic rocks of the Blagodat mountain in the western slope of the Middle Urals are considered. Thin alkaline ultramafic rock bodies in the form of diatremes, dikes, and veins. It is shown that by material composition (petrographic, mineralogical, geochemical) breccias and porphyritic alkaline-ultramafic rocks are significantly different from typical kimberlites, but close to the specific types kimberlites of gr. II. According to the geological data and results of local U-Pb dating of zircons by ion microprobe SHRIMP II, Middle Paleozoic (D_3-C_1) age of kimberlites was determined. It is proposed to distinguish magmatic alkaline ultramafic rocks into an independent Chikmansky kimberlite complex. To date, studied magmatism has been considered Precambrian, however new data enable to attribute it to the Middle Paleozoic stage of the East European Platform activation, productive for diamondiferous kimberlites, and to predict diamondiferous kimberlites or lamproites within the Western Urals.

Keywords: *Western Ural, Mt. Blagodat, kimberlites, zircon, U-Pb dating, Middle Paleozoic age, complex.*

В 1973–1978 гг. в процессе проведения поисковых работ на алмазы в бассейнах рек Косьва и Чикман были выявлены и в дальнейшем изучены магматические породы, определенные как брекчии лимбургитов, пикриты и карбонатиты. Было установлено, что они в керне скважин чередуются с эссексит-долеритами, трахидолеритами, долеритами и трахибазальтами, но их взаимоотношения точно не определены. Ассоциация этих пород, выявленная в районах пос. Семеновка и р. Полуденная и наиболее полно представленная в районе горы Благодать, была выделена А. М. Зильберманом с соавторами [10] в единый *благодатский вулканический комплекс*, отнесенный к пикрит-трахибазальтовой формации [21].

В 2004–2005 гг. сотрудниками ЗАО «Пермгеологодобыча» и ВСЕГЕИ в связи с поисками коренных источников алмазов в районе горы Благодать проводились более детальные исследования магматических пород этого комплекса. Они были вскрыты несколькими траншеями глубиной до 3,5 м и протяженностью до 2 км, а также скважинами, что позволило закартировать и изучить большинство разновидностей пород, объединенных в благодатский комплекс, их отношения между собой и с вмещающими терригенными отложениями. Наибольшее внимание при исследовании на этом этапе уделялось диагностике ультраосновных

брекчий, так как в них были найдены алмазы [10, 16]. Эти породы, отнесенные к щелочно-ультраосновным, изучались Т. М. Рыбальченко, среди них были определены кимберлиты и кимальнеиты [1], которые ранее Е. М. Чернышовой (1978) [10] рассматривались в качестве высокоглиноземистых железито-титанистых кимберлитов.

В рамках подготовки к изданию Госгеолкарты РФ масштаба 1 : 1 000 000 листа О-40 (Пермь) нами уточнены состав и возраст щелочно-ультраосновных и основных пород в районе горы Благодать. Исследованный материал собран сотрудниками ВСЕГЕИ Л. И. Лукьяновой, Л. П. Лобковой, И. Г. Федоровой в 1978, 1979, 2005 и 2013 гг. при описании керн скважин, шурфов и траншей.

Благодаря применению новых прецизионных методик исследования пород района горы Благодать (ICP MS, AS, микрозондовый анализ пород в шлифах, рентгенофазовый анализ, локальное U-Pb датирование цирконов на ионном зонде SHRIMP II) диагностированы главные разновидности пород и определен их возраст. Результаты свидетельствуют о принадлежности этих пород к различным по составу и возрасту магматическим породам, относящимся к разным формационным типам (трахибазальтовой, долеритовой и щелочно-ультраосновной), что противоречит объединению их в один комплекс.

Стратифицированные породы (базальты, трахибазальты и их туфы), включенные ранее в состав благодатского комплекса, в настоящее время, согласно Уральской серийной легенде [14], входят в состав верхней подсвиты керносской свиты (шпалорезовский комплекс по Н. А. Румянцевой [9]). Дайки долеритов и трахидолеритов, прорывающие отложения керносской свиты, как нами установлено, относятся к усвинскому гипабиссальному комплексу позднедевонско-раннекаменноугольного возраста (389 ± 2 млн лет по локальному U-Pb датированию цирконов, SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ).

Поскольку выделенный А. М. Зильберманом с соавторами *благодатский* комплекс в действи-

тельности объединяет разновозрастные образования, предлагается изученные нами щелочно-ультраосновные породы, ранее включавшиеся в этот комплекс, выделить в самостоятельный комплекс – *чикманский кимберлитовый*.

Породы чикманского комплекса находятся в пределах Западно-Уральской мегазоны, в восточном крыле Благодатской блок-антиклинали (рис. 1), расположенной в крайней северо-западной части Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория. В геологическом строении Благодатской блок-антиклинали принимают участие вулканогенно-осадочные образования керносской свиты нижнего венда (V_1kr), а также старопечнинской свиты позднего венда (V_2sp). В обрамлении

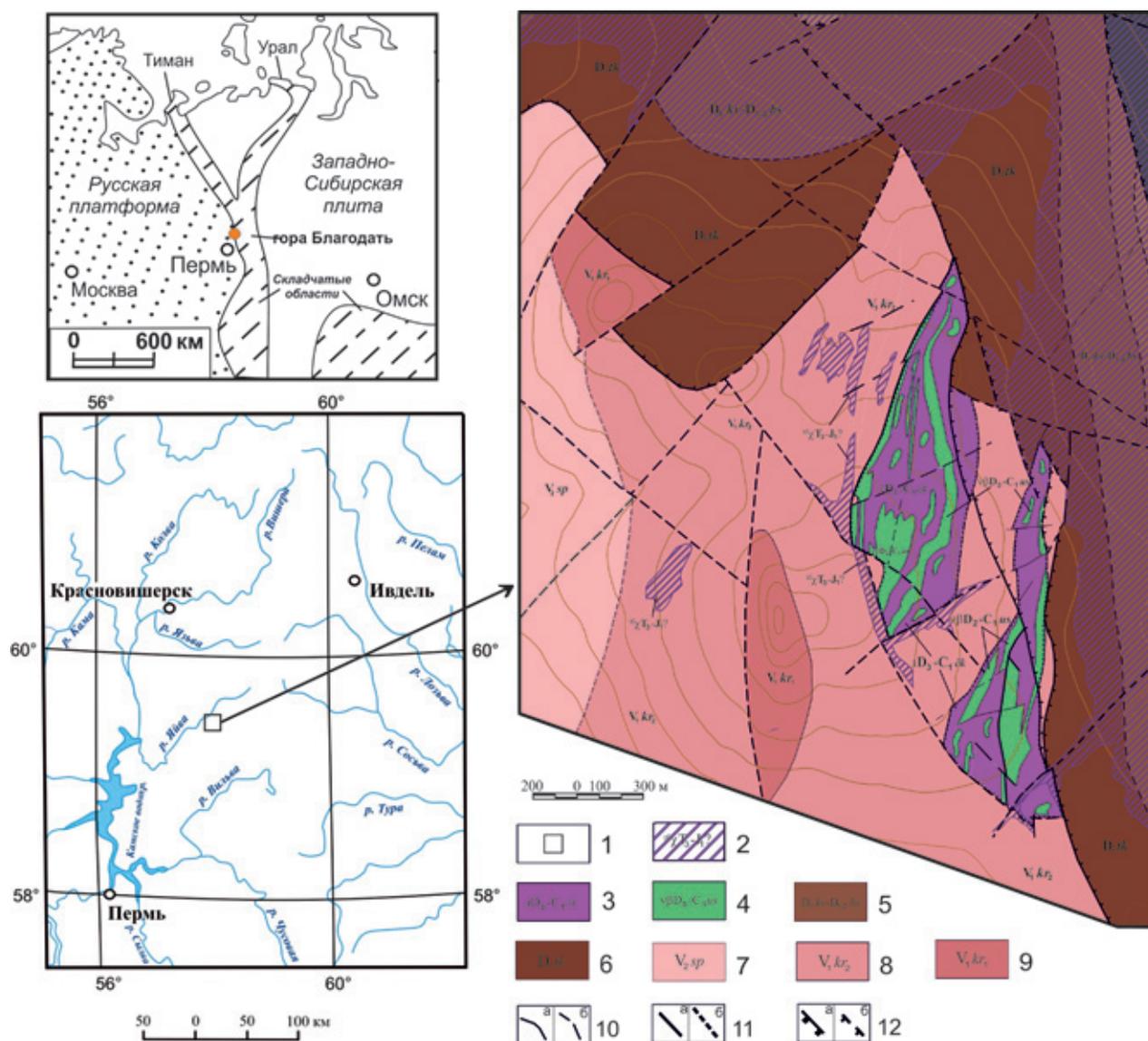


Рис. 1. Местоположение щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса и геологическое строение северной части Благодатской блок-антиклинали, по данным [1]

1 – гора Благодать; 2 – полюдово-ксенофоновский комплекс аргиллизированных лампроитоподобных ксенотуфизитов; 3 – чикманский кимберлитовый комплекс; 4 – усвинский долерит-трахидолеритовый комплекс; 5 – койвенская и бийская свиты нерасчленённые (аргиллиты, алевролиты, известняки); 6 – такатинская свита (кварцевые песчаники, редкие прослои алевролитов, аргиллитов); 7 – старопечнинская свита (алевролиты, аргиллиты, песчаники, в основании конгломераты); 8 – верхнекерносская подсвита (алевролиты, аргиллиты, песчаники, гравелитопесчаники, трахибазальты, трахиандезитобазальты); 9 – нижнекерносская подсвита (песчаники, аргиллиты, алевролиты); 10 – геологические границы (а – достоверные, б – предполагаемые); 11 – разломы (а – достоверные, б – предполагаемые по геофизическим данным); 12 – надвиги (а – достоверные, б – предполагаемые)

блок-антиклинали находятся кварцевые песчаники такатинской свиты нижнего девона и карбонатно-терригенные отложения среднего девона.

Глубинное строение рассматриваемой территории характеризуется присутствием кристаллического AR-PR₁ фундамента, залегающего на глубине 4–5 км и погружающегося в восточном направлении. Породы чикманского комплекса приурочены к зоне пересечения трех региональных тектонических структур – рифейской Тиманской и нижнепротерозойской Пермской рифтогенных зон, на которые накладываются более поздние субмеридиональные Уральские структуры [3, 15].

Условия залегания пород чикманского комплекса.

В районе горы Благодать породы чикманского комплекса вместе с трахидолеритами усьвинского комплекса слагают два сближенных линзовидных меридионально вытянутых тела размером ~ 2 × 0,5 км (рис. 1), расположенных кулисообразно и локализованных в крыльях синклинали складки [1]. Они залегают в тектоническом блоке ромбовидной формы, ограниченном разломами меридионального и северо-западного простирания. Коренные выходы магматических пород отсутствуют, в северной части они перекрыты маломощными четвертичными образованиями, в южной, судя по геофизическим данным, опущены на значительную глубину и вскрыты бурением.

Породы комплекса на глубинном геомагнитном разрезе, построенном по материалам различных поисковых геофизических методов масштаба 1 : 10 000, слагают относительно крупное вертикальное тело, прослеженное до 500 м. На глубине

до 9–10 км здесь предполагается наличие субвертикальных зон разуплотнения, которые, возможно, являются флюидопроводящими зонами и участками взрывных брекчий [1].

Внутреннее строение трубообразного тела восстановить трудно, так как на глубину оно вскрыто лишь немногочисленными скважинами. Для интерпретации его строения в основном был использован материал, полученный при изучении пород, вскрытых траншеями, карьерами и мелкими скважинами.

Строение тел магматических пород района горы Благодать обусловлено сочетанием трубообразных тел взрывных брекчий, а также дайковых тел, сложенных различными породами, имеющими или тектонические, или интрузивные взаимоотношения как с вмещающими породами керносской свиты верхнего венда и песчаниками такатинской свиты нижнего девона, так и между собой (рис. 1, 2). Присутствие тектонических брекчий на контактах и внутри сложнопостроенного многофазного тела свидетельствует о проявлении тектонических процессов, которые привели к его расчленению на отдельные блоки.

На контакте с интрузивными породами вмещающие осадочные породы трещиноватые с зонами интенсивного дробления мощностью 20–50 м, ороговикования, окремнения, хлоритизации и гематитизации.

Среди щелочно-ультраосновных пород преобладают измененные, в том числе карбонатизированные мелилитсодержащие кимберлитовые брекчии, содержащие многочисленные, но неравномерно распределенные ксенолиты глубинных (мантий-

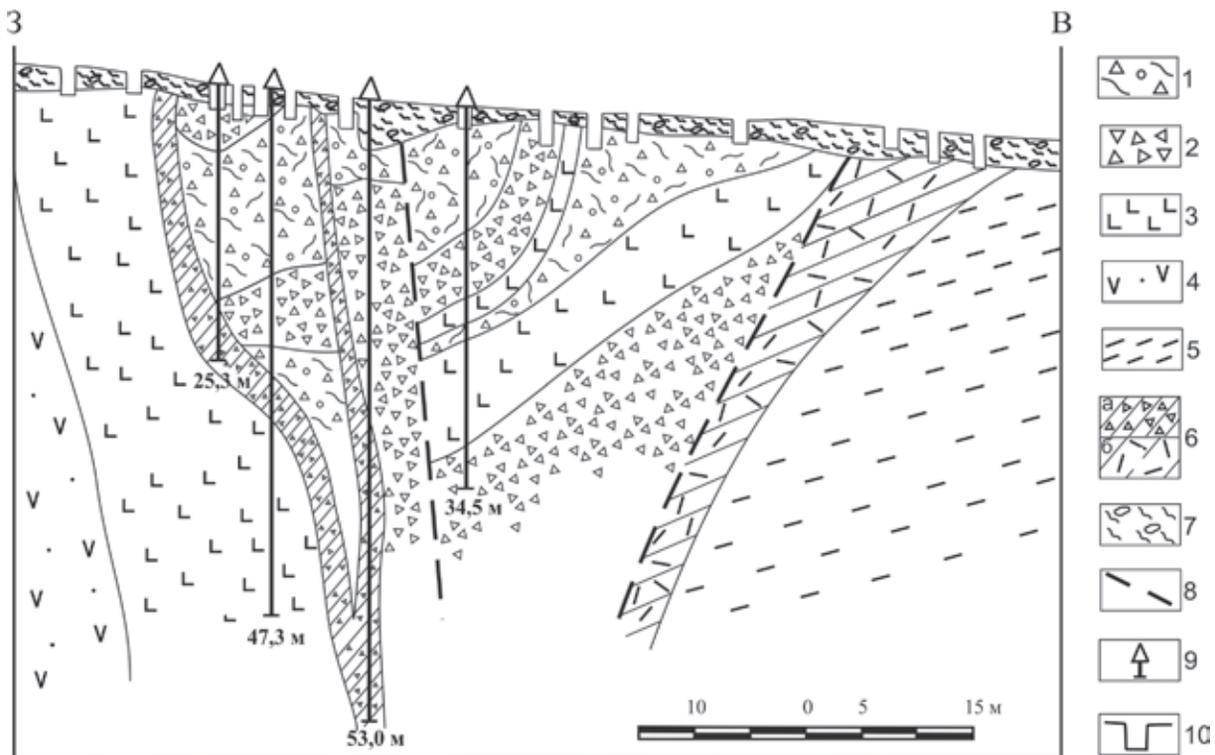


Рис. 2. Разрез южной части восточного тела щелочно-ультраосновных пород горы Благодать (по материалам А. М. Зильбермана и др., 1978, с корректировкой авторов)

1 – брекчия мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – туфы, туфобрекчии кимберлитов; 3 – трахидолериты усьвинского комплекса; 4 – туфы трахиандезибазальтов верхнекерносской подсвиты (V₁kr₂); 5 – пестроцветные глинистые сланцы верхнекерносской подсвиты (V₁kr₂); 6 – тектонические брекчии (а – по магматическим породам, б – по терригенным породам); 7 – делювий; 8 – предполагаемые тектонические нарушения; 9 – скважины; 10 – шурфы

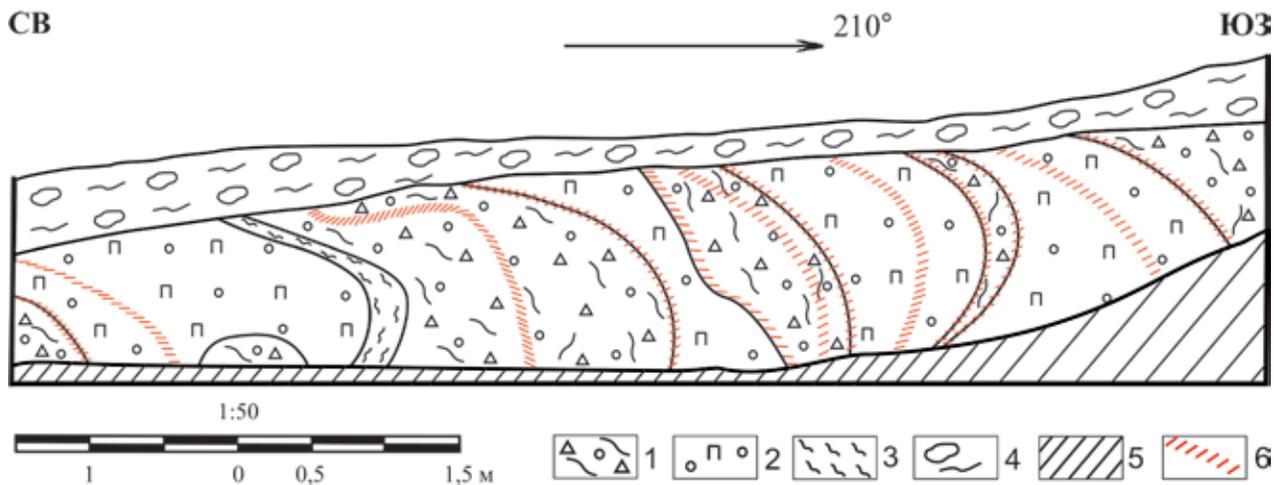


Рис. 3. Геологический разрез фрагмента пород чикманского комплекса в восточном теле горы Благодать (по материалам Л. П. Лобковой, 1978)

1 – брекчия мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 3 – зона аргиллизации; 4 – делювий; 5 – осыпь; 6 – гематитизация

ных) пород, обломки пород фундамента, осадочного чехла, трахибазальтов керноской свиты.

Дайки, представленные порфиrowыми кимберлитами и оливин-калиевополевошпатовыми лампроитами (?), прорывают кимберлитовые брекчии (рис. 3). Кроме того, среди мелилитсодержащих кимберлитовых брекчий закартированы маломощные дайки и блоки долеритов и трахидолеритов усвинского комплекса (рис. 2). Контакты между разновидностями изучены недостаточно, как будет показано ниже, возраст этих пород близок. В траншеях в единичных случаях были встречены жилы аргиллизированных лампроитоподобных ксенотуффизитов полюдово-ксенофонтовского комплекса, алмазонасные породы которого широко распространены в районе горы Благодать [1].

Петрографическое описание пород. Породы чикманского комплекса отнесены к щелочно-ультраосновным по их петрографическим, петрогеохимическим и минералогическим особенностям. Они могут принадлежать к специфическим разновидностям кимберлитов гр. II (типа кимберлитов р-на Кроонстад, Юж. Африка), по классификации Р. Х. Митчелла [23]. Породообразующие минералы (оливин, мелилит, лейцит, санидин, слюда) в них замещены и диагностированы на основе характерных кристаллографических очертаний и состава продуктов их замещения. Замещена вторичными продуктами и основная масса. Тем не менее детальные исследования позволяют реконструировать петрографический состав пород комплекса, среди которых выделены брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; мелилитсодержащие кимберлиты; оливин-калиевополевошпатовые породы.

Брекчии мелилитсодержащих кимберлитов темно-серого, серого, голубовато-серого, буровато-серого цвета макроскопически и микроскопически (рис. 4, А, Б) имеют пятнистый облик, такситовую, миндалекаменную, реже массивную текстуру с элементами катаклаза и флюидалности, кластопорфиrowую, порфиrowую структуру основной массы. В связующей массе брекчий основные породообразующие минералы представлены оливином

(до 30–40%), мелилитом (3%) и слюдой (7%). На отдельных участках основная масса брекчий апостекловатая, миндалекаменная или микролитовая замещена хлоритовым и иллит-сметитовым агрегатом, в разной степени обогащена пылевидным окисленным рудным минералом.

В породе наблюдаются псевдоморфозы по оливину трех генераций. Оливин (ксенокристы) первой генерации имеет обломочный облик и субизометричные, иногда удлиненные формы с очертаниями псевдоморфоз, наследующими редкие первичные грани, размер ксенокристов от $0,3 \times 0,18$ до $0,68 \times 0,35$ мм. Оливин второй генерации, судя по контуру псевдоморфоз, отличается более идиоморфными формами (от $0,24 \times 0,14$ до $0,12 \times 0,1$ мм), но нередко корродирован и изъеден. Самая поздняя его генерация представлена идиоморфными микролитами размером менее 0,1 мм. Оливин замещен хлоритом, хлорит-гидрослюдистым и кремнистым агрегатами, гематитом. Из протолочных проб выделен оливин и определен его состав (табл. 1), но поскольку в шлифах свежий оливин не обнаружен, трудно судить, к каким генерациям относится проанализированный минерал.

Слюда (флогопит?) во вкрапленниках имеет форму табличек ($\sim 0,24 \times 0,15$ мм), а в связующей массе брекчии в виде тонких лейст (до 10%). Она в разной степени замещена хлоритом, гидрослюдой и гематитом. В центральной части некоторых вкрапленников слюды иногда наблюдаются менее измененные участки, имеющие плеохроизм по биотитовой схеме абсорбции от соломенной до рыжеватой окраски.

Мелилит присутствует в виде псевдоморфно замещенных редких кристаллов призматического облика ($\sim 0,4 \times 0,2$ мм). Продукты его замещения – гидрослюда, хлорит, кварц. Минерал имеет поперечную удлиненную спайность и срединный шов, характерные для мелилита.

Миндалины (10–30%) в апостекловатой связующей массе брекчий имеют различную форму (размер от $0,15 \times 0,15$ до $2 \times 0,9$ мм) и выполнены хлоритом.

Петрографическими методами определить состав вторичных минералов сильно измененной

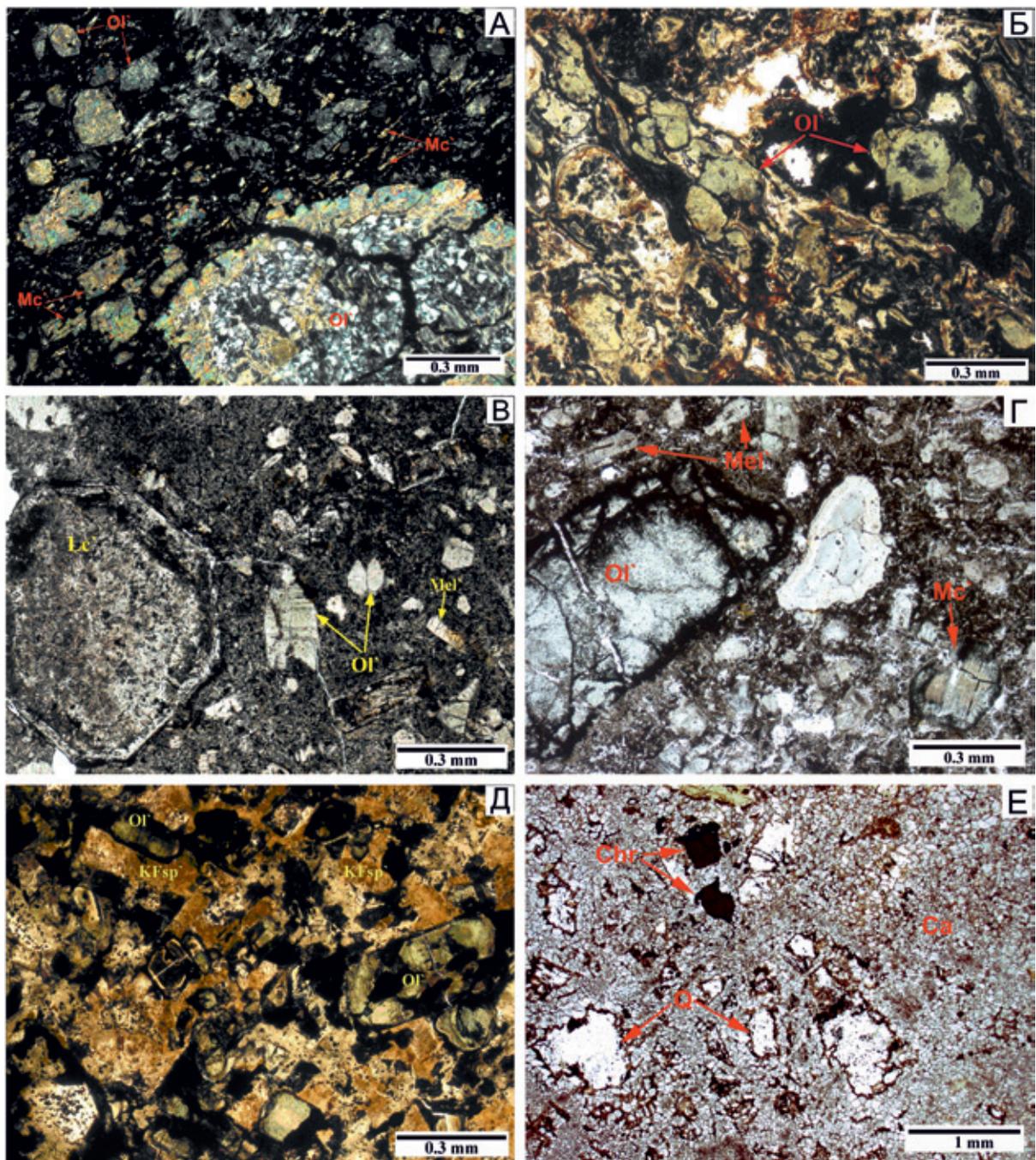


Рис. 4. Шлифы ксенолита и щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса. Фото *А* – николи скрещены, остальные фото – николи параллельны

А, Б – мелилитсодержащие кимберлиты. *А* – связующая масса брекчий. В правой нижней части – псевдоморфоза по оливину (Ol') хлорит-слюдисто-кремнистого агрегата. В гематитизированной апостекловатой связующей массе прослеживаются ориентированные вкрапленники (псевдоморфозы) по оливину (Ol'), его микролиты и лейсты слюды (Mc'). Минералы замещены хлорит-гидрослюдистым агрегатом. *Б* – субидиоморфные вкрапленники измененного оливина (Ol'), заключенные в апостекловатую, хлоритизированную, гематитизированную основную массу. В центральной части – основная масса с флюидалной текстурой. *В, Г* – лейцит-мелилитсодержащий кимберлит. *В* – в левой части – вкрапленник измененного лейцита (Lc'). В связующей массе – псевдоморфозы хлорит-слюдистого агрегата по оливину (Ol') и по мелилиту (Mel'). *Г* – в левой части – измененный ксено- (фено-) крист оливина (Ol'), замещенный хлорит-кремнистым агрегатом, по контуру и трещинам наблюдаются скопления гидроокислов железа. В верхней части – псевдоморфозы гидрослюды по вкрапленникам мелилита (Mel'). В нижней правой части – вкрапленник частично хлоритизированной слюды (Mc'), по его контуру наблюдается каемка гидроокислов железа. В центральной части фотографии – концентрически зональная миндалина, выполненная хлоритом. *Д* – оливин-калиевополевошпатовый лампроит (?). На фотографии шлифа присутствуют псевдоморфозы биотита и хлорит-слюдисто-гематитового агрегата по вкрапленникам и микролитам оливина (Ol'), таблички пелитизированного калиевого полевого шпата (KFsp'). *Е* – измененный шпинелевый перидотит. Ксеноморфный хромшпинелид (Chr) бурого цвета, псевдоморфозы кремнезема (Q) по оливину заключены в микрокристаллический карбонат (Ca), замещающий, по-видимому, пироксен и оливин

Химический состав аксессуарных минералов из тяжелой фракции ксенолитов и кимберлитов чикманского комплекса

Минералы	Оливины			Пиропы				Клинопироксены				Ортопироксен
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	40,21	40,51	33,61	42,1	40,78	42,32	41,9	55,04	51,965	54,046	53,34	56,78
TiO ₂	—	0,1	—	0,58	0,51	0,13	0,25	0,2	0,477	—	0,34	0,12
Al ₂ O ₃	—	0,4	0,42	23,35	22,74	23,44	22,12	1,72	4,838	1,606	4,22	0,7
Cr ₂ O ₃	0,08	—	—	1,0	1,84	1,89	3,57	1,33	1,697	1,757	1,25	—
FeO	9,33	11,11	44,72	7,47	6,75	6,82	5,84	2,59	1,838	2,156	2,13	10,7
MnO	0,22	0,08	0,43	0,22	0,22	0,39	0,28	«—«	0,186	0,116	0,06	—
MgO	50,42	47,81	20,81	20,48	21,72	20,32	20,92	15,2	15,381	17,01	15,39	32,11
CaO	0,08	—	—	4,8	5,05	4,79	5,14	18,12	20,127	21,919	21,35	0,44
Na ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	1,93	2,78	1,504	1,46	—
Сумма	100,17	100,01	100,0	100,0	99,64	100,1	100,02	96,13	99,341 *	100,114	99,5	100,85

Минералы	Хромшпинелиды							Пикроильмениты						
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
SiO ₂	—	—	—	1,836	0,477	—	—	1,398	—	4,436	—	—	—	
TiO ₂	1,26	0,1	—	0,454	0,971	0,18	0,1	56,99	53,41	51,863	54,1	48,65	56,82	
Al ₂ O ₃	19,44	19,1	48,56	40,503	22,816	27,52	53,23	2,38	0,51	1,376	0,36	0,58	1,19	
Cr ₂ O ₃	47,86	50,2	12,54	25,487	43,873	41,54	15,99	0,052	0,38	0,038	0,04	0,01	«—«	
FeO	15,26	14,58	14,6	12,966	14,713	14,08	12,43	30,21	38,71	34,55	36,6	46,27	37,6	
MnO	0,57	0,18	«—«	0,201	0,208	0,15	0,08	0,29	0,06	0,393	0,35	0,37	0,28	
MgO	15,76	15,7	22,76	18,339	16,353	16,33	18,74	6,85	8,92	6,223	6,02	7,0	4,53	
CaO	—	—	—	0,046	0	—	—	—	—	—	—	—	—	
Na ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сумма	100,15	100,26	98,46	100,484 *	99,768 *	100,1	100,62	99,23 *	101,99	99,486*	97,47	102,88	100,42	

Примечания. 1, 2, 4, 5, 13, 14, 20 – брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; 6, 7, 8, 12, 15, 21 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 3, 11, 18, 19 – ксенолиты, включенные в брекчию мелилитсодержащих кимберлитов; 9, 10, 16, 17, 22 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?). Ксенолиты гематитизированных желваков: 23, 24 – заключенные в брекчии мелилитсодержащие кимберлиты; 25 – заключенные в лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты. Анализы 1–3, 13, 25 по материалам Е. И. Шеманиной, Л. И. Лукьяновой и др., 1981; 4, 5, 11, 14 по материалам А. М. Зильбермана, Е. М. Чернышовой и др., 1978; 6–8, 12, 15, 21 по материалам Л. И. Лукьяновой, Л. П. Лобковой, 1979; 18, 19 по [18]; 23, 24 по [8]; 9, 10, 16, 17, 20, 22 по материалам ЗАО «Пермгеологодобыча» (2005).

В сумму включены 9 – K₂O = 0,061; 16 – NiO = 0,326, CoO = 0,059, ZnO = 0,147, V₂O₅ = 0,054, Nb₂O₅ = 0,065; 17 – NiO = 0,218, V₂O₅ = 0,139; 20 – NiO = 0,202, V₂O₅ = 0,711, Nb₂O₅ = 0,147; 22 – CoO = 0,097, ZnO = 0,076, V₂O₅ = 0,391, Nb₂O₅ = 0,044.

породы трудно, в результате рентгенофазового анализа (аналитик В. Ф. Сапега, ВСЕГЕИ) в брекчиях мелилитсодержащих кимберлитов установлены следующие вторичные минералы: кварц, гематит, сапонит, иллит триоктаэдрический, корренсит, седлонит, шамозит. Наблюдается в шлифах количество вторичных минералов в породах непостоянно, преобладают хлорит-слюдистые и кремнистые агрегаты, гематит.

Лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты слагают маломощные (от 0,5 до 2 м) дайковые тела, залегающие среди брекчий мелилитсодержащих кимберлитов (рис. 3). Внутри тел и на контактах отмечаются зоны кавернозности и гематитизации мощностью 5–10 см. Для пород характерны зеленовато-темно-серая и горчично-серая окраска, порфировая структура, миндалекаменная и массивная текстура.

Псевдоморфно замещенный оливин (до 20%) в породе представлен тремя генерациями: ксено(фено-)кристами, вкрапленниками и микролитами

в связующей массе (рис. 4, В, Г). Оливин первой генерации имеет овальную, сглаженную форму (1,35 × 1,0 мм). Оливин второй генерации, судя по облику псевдоморфоз, имеет частично корродированные дипирамидально-призматические формы (1,35–0,4 мм). Микролиты измененного оливина в связующей массе отличаются более мелкими размерами и идиоморфными очертаниями. Оливин замещен теми же вторичными минералами, как и оливин в брекчиях мелилитсодержащих кимберлитов.

Вкрапленники лейцита (5–7%) псевдоморфно замещены вторичными продуктами (рис. 4, В). Минерал диагностируется по характерной изометричной форме кристаллов буроватого цвета размером от 1,5 до 0,15 мм и их сростков. Лейцит в результате вторичных преобразований замещен калиевым полевым шпатом, иллитом и агрегатами смешанослойных минералов. По контуру псевдоморфоз по лейциту наблюдается тонкая каемка гидрослюды. Мелилит (10%) имеет удлиненно-призматические

(0,45 × 0,2 мм) и субпризматические формы (0,3 × 0,1 мм), полностью замещен хлорит-гидрослюдистым агрегатом. Слюда в виде призматических лейст размером от 0,6 × 0,12 мм имеет биотитовую схему абсорбции, частично хлоритизирована, гематитизирована, нередко изъедена вдоль спайности. Округло-овальные с неровными очертаниями миндалины (от 0 до 20%) размером от 2,2 до 0,3 мм выполнены хлоритом и имеют концентрически-зональное строение.

Апостекловатая связующая масса хлоритизирована, в разной степени насыщена гидроксидами железа, поэтому неоднородна по цвету: от светло-зеленовато-бурого до буро-черного.

По результатам рентгенофазового анализа (аналитик В. Ф. Сапега, ВСЕГЕИ), лейцит-мелилитсодержащий кимберлит в настоящее время превращен в смесь вторичных минералов – кварца, корренсита, бариевого полевого шпата (цельзиан?), Al-сапонита, вермикулита, хлорита, иллита, пиррофиллита, микроклина, талька, галлуазита; анатаза, псевдорутила, марказита, гематита, гётита, что свидетельствует о сильном преобразовании пород под влиянием метасоматических процессов. Рентгенофазовый количественный анализ свидетельствует о преобладании в породе кварца от 38 до 50 и гематита от 10 до 32%.

Мелилитсодержащие кимберлиты слагают редкие дайки мощностью до 1,5 м. Цвет пород серозеленый. Микроскопически они отличаются от вышеописанных лейцит-мелилитсодержащих кимберлитов отсутствием лейцита и меньшим количеством мелилита (1%). Минеральный состав измененной породы по результатам рентгенофазового анализа (аналитик В. Ф. Сапега, ВСЕГЕИ) представлен вторичными минералами – кварцем, корренситом, гидробиотитом, галлуазитом, жисмондином, хромитом, гематитом, гетитом.

Описанные кимберлиты в различной степени карбонатизированы. Особенностью карбонатизированных пород является существенное развитие карбонатов (кальцита, доломита), которые выпол-

няют пустоты (миндалины, прожилки), замещают цемент брекчий, а иногда породу полностью. Всё это ранее служило основанием для отнесения их к магматическим карбонатитам [10] или к гидротермально-метасоматическим апосиликатным породам [20].

В отдельную группу выделяются **оливин-калиевополевошпатовые породы**. По петрографическому составу эти породы наиболее близки к оливиновым минеттам или орендитовым лампроитам. Как показано ниже, есть основание предполагать их генетическую связь с вышеописанными кимберлитовыми породами.

Оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?) образуют дайки мощностью до 30 м и прорывают брекчии мелилитсодержащих кимберлитов. Для них характерна табачно-желтая окраска и неравномернозернистая, крупнокристаллическая, местами пойкилитовая структура. Основные минералы породы (рис. 4, Д) – оливин трех генераций (до 30%), псевдоморфно замещенный хлоритом, биотитом, гематитом, халцедоном, кварцем, и калиевый полевой шпат (30–55%), частично или полностью пелитизированный и альбитизированный. Размер включенников псевдоморфоз по оливину от 5 до 25 мм. Пойкилитовая структура породы определяется включением мелких, в основном идиоморфных псевдоморфоз оливина в калиевый полевой шпат. Калиевый полевой шпат, несмотря на пелитизацию и частичную альбитизацию, уверенно диагностируется по морфологии кристаллов, образует хорошо сохранившиеся короткостолбчатые простые двойники, в то время как для альбита характерны полисинтетические двойники и свежий облик. Реликты не полностью замещенного калиевого полевого шпата были установлены в шлифах микрозондовым анализом (табл. 2). Он характеризуется низким содержанием натрия, что отличает его от калиевых полевых шпатов других щелочных пород [24].

В породе присутствуют равномерно распределенные мелкие выделения лейкоксена и сфена.

Таблица 2

Состав полевого шпата оливин-калиевополевошпатовых лампроитов (?) чикманского комплекса и санидина из лампроитов Юж. Африки и Зап. Австралии

Номер анализа	Состав, %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	
1	60,05	21,34	–	–	1,85	16,3	–	100,0
2	60,85	21,15	–	0,05	0,52	17,43	–	100,0
3	63,96	18,4	0,07	–	0,06	16,61	0,11	98,85
4	64,91	18,11	0,32	0,03	0,06	17,03	–	100,46

Номер анализа	Кристаллохимические коэффициенты							Сумма катионов
	Si	Al	Fe ⁺³	Ca	Na	K	Ba	
1	2,8	1,2	–	–	0,2	1	–	5,15
2	2,9	1,2	–	–	0,1	1	–	5,11
3	2,994	0,996	0,003	–	0,006	0,993	0,002	4,994
4	2,994	0,985	0,011	0,002	0,005	1,003	–	5,0

Примечание: 1, 2 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?) чикманского комплекса; 3 – лампроиты Капамбы, Юж. Африка [24]; 4 – лампроиты Зап. Кимберли, Зап. Австралия [24]. Микрозондовый анализ 1, 2 выполнил аналитик В. В. Павшуков, ВСЕГЕИ.

Гидроокислы железа (гематитизированный магнетит) частично либо полностью замещают оливин и слагают цемент основной массы.

Рентгенофазовый анализ породы показал (аналитик В. Ф. Сапега, ВСЕГЕИ), что в ней присутствуют кварц, хлорит, форстерит, триоктаэдрический иллит, сапонит, калиевый полевой шпат, упорядоченный альбит, магнетит, гематит, анатаз.

Акцессорные минералы извлекались из протолочных проб брекчий мелилитсодержащих кимберлитов, лейцит-мелилитсодержащих кимберлитов и оливин-калиевополевошпатовых лампроитов (?). Породы близки по набору акцессорных минералов и содержат минералы-индикаторы (табл. 1) классических кимберлитов. Они представлены пироп-альмандином, хромдиопсидом, пикроильменитом, хромшпинелидом, алюмохромитом, ильменитом, цирконом, муассанитом, апатитом, баритом, сфеном, корундом и, возможно, ксеногенными дистеном, ставролитом, анатазом. В кимберлитах, кроме перечисленных минералов, присутствуют единичные пиропы лерцолитового парагенезиса (Cr_2O_3 от 0,62 до 5,89, CaO от 4,66 до 6,53, MgO от 19,12 до 21,72%) и реликты пикроильменита, который частично сохраняется внутри его гематитизированных желваков размером до нескольких сантиметров. В брекчии мелилитсодержащих кимберлитов обнаружены алмазы (описаны ниже). Поскольку акцессорные минералы выделены из протолочных проб пород, в которых присутствуют коровые и глубинные ксенолиты, то, вероятно, часть их относится к породам ксенолитов.

Характеристика глубинных ксенолитов. В брекчии мелилитсодержащих кимберлитов присутствуют ксенолиты перидотитов, оливинитов и эклогитов. Наиболее детально они изучены Е. М. Чернышовой с соавторами (1978) [10]. Ксенолиты представляют собой овальные, вытянуто-сплюснутые, округлые включения с гладкой поверхностью, от микрокопических до первых десятков сантиметров. Они имеют массивную текстуру и неравномерное зернистую структуру, пятнистый серовато-зеленоватый, буроватый, желтовато-серый цвет.

Ксенолиты, как и вмещающие их породы, полностью изменены. Первичные минералы включений замещены карбонатом, гематитом, хлоритом и кремнистым агрегатом.

Ксенолиты шпинелевых перидотитов (рис. 4, *Е*), характеризуются реликтовой петельчатой структурой и присутствием ксеноморфного хромшпинелида бурого цвета размером от 0,1 до 0,5 мм. Псевдоморфозы кремнистого агрегата с микровкраплениями гидроокислов железа, вероятно, по оливину заключены в микрокристаллический карбонат. По результатам рентгенофазового количественного анализа (аналитик В. Ф. Сапега, ВСЕГЕИ), вторичные минералы ксенолита представлены (%) доломитом 79, кварцем 12, кальцитом 3, хлоритом 2, коренситом 2, в незначительных количествах определены стронцианит, гематит, анатаз. Хромшпинелид ксенолитов содержит Cr_2O_3 от 41,54 до 43,03, Al_2O_3 от 25,07 до 27,52%.

Ксенолиты гранатовых перидотитов (размер до 0,5 см) определены в шлифах по полнокристаллической полигональной структуре и присутствию ксеноморфных, мелких (0,02–0,1 мм) зерен граната бледно-розовато-сиреневого цвета, включенных в крупные псевдоморфозы по оливину либо

в сростках с ним. Гранат иногда полностью хлоритизирован. Кроме этих минералов, отмечаются реликты диопсида, псевдоморфозы хлорита и бастиа по пироксену, серпентина и монтмориллонита по оливину, которые окаймлены гидроокислами железа. По реликтам первичных минералов ксенолиты гранатовых перидотитов могут быть отнесены к лерцолитам.

Ксенолиты оливинитов (0,5–1,5 мм) определены только в шлифах, имеют панидиоморфнозернистую структуру и состоят из псевдоморфоз по оливину, замещенному серпентин-хлоритовыми и кремнистыми агрегатами, карбонатом, пылевидным магнетитом.

Измененные ксенолиты эклогитов содержат гранаты пироп-альмандинового ряда (Cr_2O_3 от 0,03 до 0,09, CaO ~ 5,5 и MgO от 12,8 до 14,6%).

Алмазоносность пород. Одним из важных вопросов изучения щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса является оценка их алмазоносности. Единичные алмазы установлены в крупнообъемных пробах брекчий мелилитсодержащих кимберлитов района горы Благодать [1, 10]. Два наиболее крупных кристалла представлены додекаэдроидами весом 7,2 и 12,9 мг. В пробе весом 16 кг щелочно-ультраосновных пород, аналогичных брекчиям мелилитсодержащих кимберлитов горы Благодать, района пос. Семеновка [16], выявлены два осколка алмаза размером ~0,30 × 0,25 мм и один прозрачный слабо-желтоватый алмаз в виде додекаэдроида размером ~0,4 мм. Один из осколков прозрачный, бесцветный, со слабым голубоватым оттенком имеет реликты сохранившихся граней деформированного додекаэдроида. Эти кристаллы исследованы Т. М. Рыбальченко и Г. И. Шафрановским. По их мнению, алмазы представлены кристаллами, типичными для алмазных месторождений Западного Урала.

Скорее всего, алмаз в брекчии мелилитсодержащих кимберлитов чикманского комплекса – акцессорный минерал, не исключено, что при размыве этих пород могло происходить его накопление в бассейнах рядом находящихся рек Чикман и Чаньва, где установлены россыпные проявления алмазов [9].

Петрогеохимические особенности и возраст пород.

Для изученных кимберлитовых пород характерны вторичные изменения, которые свойственны также кимберлитам Золотицкого поля (ААП) – сапонитизация, хлоритизация [ААП], кимберлитам Накынского поля (ЯПА) – карбонатизация, окремнение [11] и многим другим, что позволяет сопоставлять измененные кимберлиты друг с другом и выявлять их особенности. Для кимберлитовых пород, что давно установлено, характерны признаки как ультрабазитов, так и щелочных базальтоидов [7]. Среди них выделяют различные петрохимические типы [4, 12, 19] – от ультраосновных разновидностей без щелочного уклона до разновидностей, примыкающих к группе щелочных базальтоидов.

Отличительной чертой кимберлитовых пород чикманского комплекса по сравнению с кимберлитами нормальной щелочности является повышенное содержание титана, железа, калия и глинозема (табл. 3). Наиболее высокие содержания кремнезема характерны для кимберлитовых брекчий, так как они насыщены многочисленными ксенолитами.

Состав щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса

Компо- ненты	1			2			3		4		5
SiO ₂	50,4	50,8	50,7	41,8	36,5	24,9	45,85	44,2	34,7	39,0	46,53
TiO ₂	2,53	2,64	2,62	1,63	2,01	1,06	3,33	3,79	4,16	3,87	2,88
Al ₂ O ₃	11,9	12,4	13,8	7,88	8,78	5,02	11,99	14,9	12,9	12,2	13,6
Fe ₂ O ₃	10,3	12,8	13,1	9,86	4,97	5,93	14	12,8	15,5	13,1	13,9
FeO	1,05	1,15	0,72	2,36	4,42	1,29	0,8	0,84	3,58	3,58	0,72
MnO	0,089	0,029	0,14	0,079	0,14	0,21	0,09	0,12	0,14	0,063	0,087
MgO	8,84	8,89	6,04	8,68	9,88	10,4	10,95	9,98	15,4	15,0	8,82
CaO	2,74	0,95	1,2	9,41	15,2	23,8	1,56	2,18	1,8	1,72	2,97
Na ₂ O	0,44	0,025	0,025	0,025	0,05	0,025	0,025	0,11	0,025	0,025	0,49
K ₂ O	4,08	3,6	4,43	1,94	0,97	1,11	1,52	2,33	1,79	1,96	2,72
P ₂ O ₅	1,68	0,35	0,28	0,37	0,43	0,25	0,857	0,9	0,82	0,84	0,46
п.п.п.	5,67	6,39	7,07	15,8	16,1	25,9	8,61	7,54	8,77	8,28	7,06
Сумма	99,8	100	100	100	99,9	100	99,66	99,7	99,9	100	100
V	177	162	205	160	-	97,4	265	238	328	264	214
Cr	890	425	599	424	305	337	550	333	358	323	280
Co	67,9	68,3	43,4	30,1	52,1	38,5	100	88,8	75,9	67,7	69,3
Ni	318	333	217	239	182	284	415	282	324	274	241
Cu	103	100	70,9	31,2	40,9	29,7	83,9	21,4	75,9	44,4	55,5
Zn	98,8	130	86	69,9	109	60,7	175	183	169	148,0	135
Ga	20,7	19,4	20,7	11,5	14,7	9,12	25,15	-	22,1	20,4	20
Rb	90,3	73,5	94,3	36,5	20,6	23,6	48,75	70,4	56,1	67,8	66,5
Sr	50	15,8	24,5	19,1	110	86,8	130	161	248	196	91,3
Y	39,1	19,6	19,6	13,5	19,8	11,6	21,15	34	31,3	33,1	20,9
Zr	143	144	132	81,3	126	68,3	150	209	235	227	132
Nb	58	58,6	49,8	30,2	52,2	26,3	62,55	87,3	81,7	78,5	44,2
Cs	2,65	1,93	2,84	1,04	-	0,66	1,73	2,02	1,49	1,89	0,97
Ba	146	112	135	84,6	421	116	310	526	832	687	305
La	77,7	35,8	27,4	27,4	37,6	47	33,25	50,4	61,8	48,6	35,8
Ce	126	64,2	54	47,8	72,8	61,7	65,2	72,2	112	87,8	55,1
Pr	17,2	7,4	6,23	5,39	8,1	4,43	7,60	10,7	12,1	10,7	7,5
Nd	69,3	30,5	25	21,2	34,8	17,8	28,85	42,6	43,4	40,6	30,6
Sm	14,6	5,91	5,55	4,37	6,76	3,46	5,84	9,37	7,52	8,35	6,25
Eu	4,32	1,98	1,74	1,31	2,19	1,13	2,05	2,43	2,66	2,91	2,02
Gd	13,4	5,63	5,04	4,49	5,95	3,4	6,32	8,55	8,18	8,71	6,09
Tb	1,75	0,77	0,74	0,52	0,86	0,44	0,88	1,12	1,18	1,22	0,86
Dy	8	4,17	3,99	2,61	4,56	2,29	4,55	6,27	6,4	6,82	4,38
Ho	1,43	0,77	0,77	0,51	0,74	0,43	0,85	1,2	1,19	1,21	0,83
Er	3,32	1,64	1,76	1,25	1,93	0,85	2,15	3,14	2,8	2,76	2,02
Tm	0,37	0,22	0,22	0,14	0,2	0,13	0,29	0,37	0,34	0,34	0,22
Yb	2,17	1,29	1,37	0,96	1,28	0,8	1,65	2,5	2,0	2,05	1,49
Lu	0,31	0,19	0,21	0,16	0,17	0,11	0,255	0,35	0,29	0,3	0,22
Hf	3,57	3,42	2,82	1,74	2,9	1,41	4,21	4,38	5,25	4,91	3,11
Ta	3,1	3,25	2,54	1,72	2,86	1,14	4,48	1,22	4,65	4,5	2,47
Th	5,85	6,66	6,07	3,67	4,89	2,81	6,83	10,3	8,55	7,86	4,62
U	1,85	0,78	0,98	0,53	1,15	1,07	1,65	1,4	1,11	1,41	0,63
La/Yb	35,81	27,75	20,00	28,54	29,37	58,75	20,15	20,16	30,9	23,71	24,03

Примечание: Петрохимические элементы приведены в мас. % по результатам рентгеноспектрального флуоресцентного силикатного анализа (аналитик Б. А. Цимошенко, ВСЕГЕИ); сидерофильные, редкие и редкоземельные элементы приведены в г/т и определены методом масс-спектрометрии (ICP MS) с индуктивно-связанной плазмой (аналитик В. А. Шишлов, ВСЕГЕИ). 1 – брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – карбонатизированные брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; 3 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 4 – мелилитсодержащие кимберлиты; 5 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?).

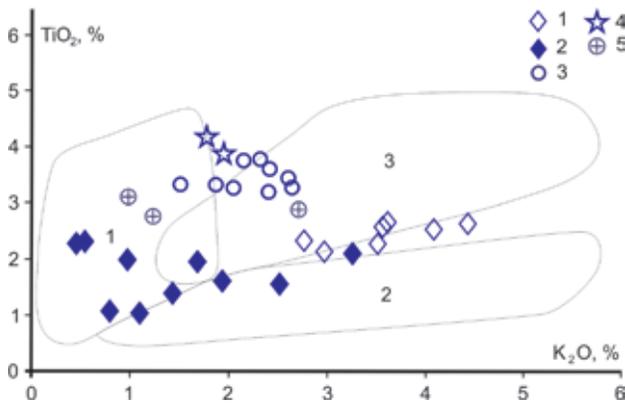


Рис. 5. Вариации содержаний TiO_2 и K_2O (мас. %) в породах чикманского комплекса

1 – брекчия мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – карбонатизированные брекчия мелилитсодержащих кимберлитов; 3 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 4 – мелилитсодержащие кимберлиты, 5 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?). Поля [25]: 1 – кимберлиты гр. I; 2 – кимберлиты гр. II; 3 – оливиновые лампроиты

В карбонатизированных породах (табл. 3) с увеличением содержаний кальцита и доломита наблюдается заметное уменьшение содержания кремнезема, глинозема, окисного железа, калия и увеличение содержания кальция, магния и закисного железа.

Кимберлиты и оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?) чикманского комплекса относятся к высокотитанистым породам [5]. Точки составов всех некарбонатизированных разновидностей пород по содержаниям титана и калия в основном приурочены к полю оливиновых лампроитов (рис. 5).

По содержанию Nb и Zr все разновидности щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса имеют тренд распределения, характерный для кимберлитов гр. II (рис. 6); по содержанию эти элементы перекрываются с составами кимберлитов Золотицкого поля (ААП), Накынского поля (ЯАП), Среднего Тимана и частично кимберлитов гр. II района Кроонстад (Юж. Африка). Исследуемые породы чикманского комплекса близки по содержанию редких и редкоземельных элементов (рис. 7) и характеризуются сравнительно низкими отношениями La/Yb (от 20 до 36,4 г/г), что сближает их с кимберлитами Среднего Тимана, Золотицкого и Накынского полей. Однако все изученные породы значительно обеднены редкими (Ba, Sr и др.) и редкоземельными элементами по сравнению с классическими кимберлитами и лампроитами.

В карбонатизированных породах резко снижаются содержания редких (Nb, Zr, Ta и др.) и редкоземельных элементов (рис. 7). Изотопные данные ($\delta^{13}\text{C} = -4,7 \dots 2,9$, $\delta^{18}\text{O} = 19,3 - 31,4\%$ и $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr} = 0,7090$) карбонатов из щелочно-ультраосновных пород позволяют предполагать, что источник

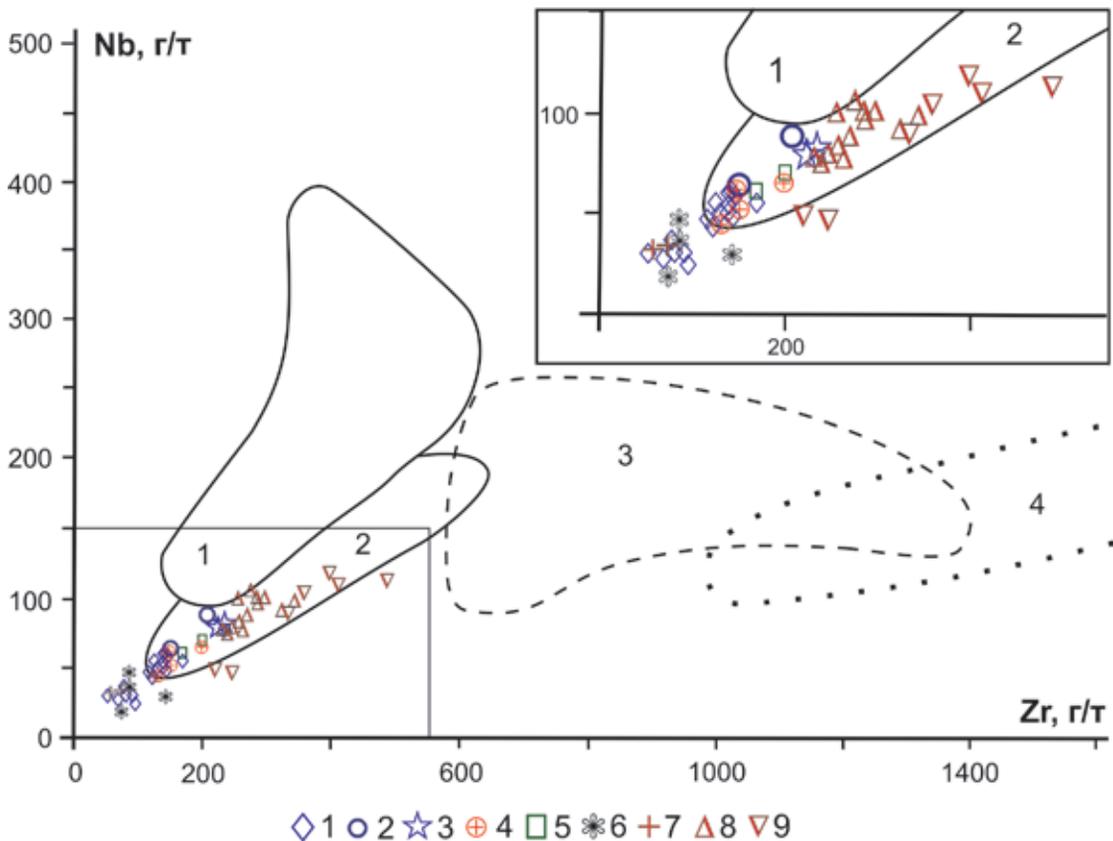


Рис. 6. Соотношение Nb и Zr (г/т) в породах чикманского комплекса в сравнении с кимберлитами разных регионов мира

1 – брекчия мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 3 – мелилитсодержащие кимберлиты; 4 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?); 5 – кимберлиты Среднего Тимана [6]; 6 – кимберлитовые трубки Золотицкого поля [2]; 7 – кимберлиты Накынского поля (ЯАП) [5]; кимберлиты гр. II района Кроонстад (Юж. Африка) [22]; 8 – мелилит- и апатитсодержащий монтичеллит-флогопитовый кимберлит (тр. Lase), 9 – диопсидсодержащая кальцит-флогопитовая брекчия кимберлита (тр. Voorspoed), глинизированный санидин- и диопсид-эгириносодержащий флогопитовый кимберлит (силл Voorspoed). Поля [25]: 1 – кимберлиты гр. I; 2 – кимберлиты гр. II; 3 – оливиновые лампроиты, 4 – лейцитовые лампроиты

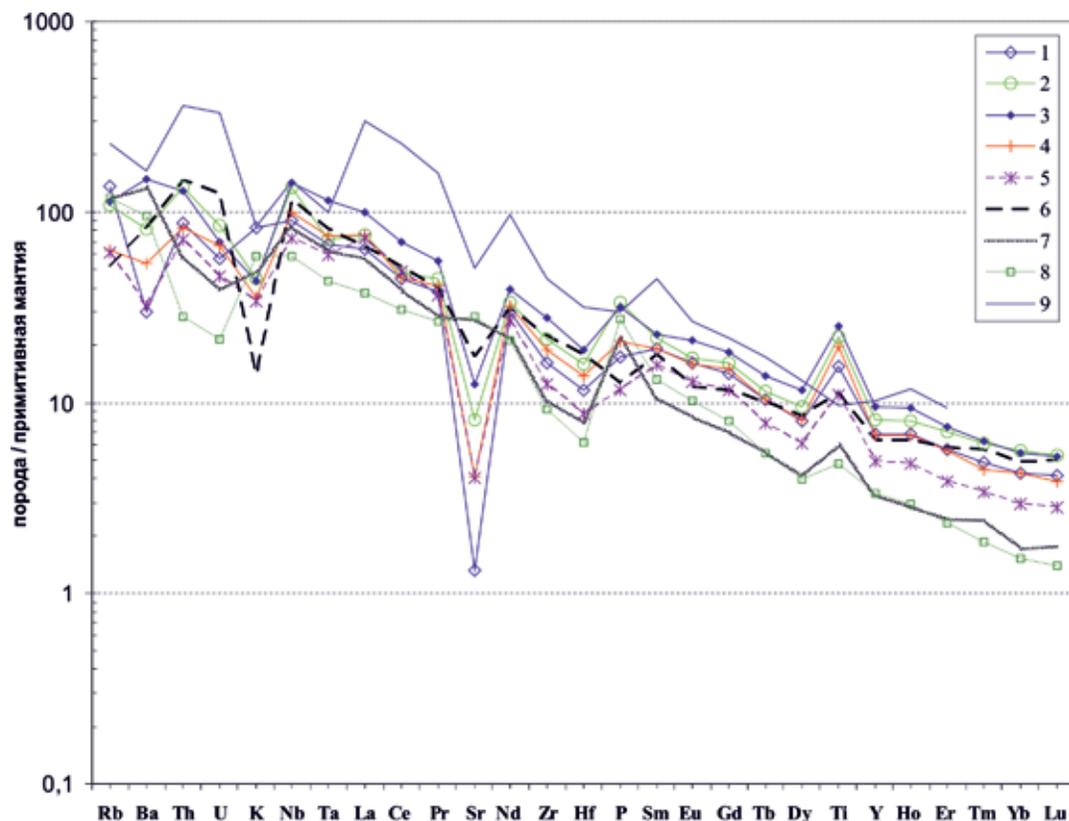


Рис. 7. Распределение редких и редкоземельных элементов в породах чикманского комплекса в сравнении с кимберлитами Тимана, ААП, ЯАП и Юж. Африки (район Кроонстад). Нормирование содержаний редких и редкоземельных элементов проведено по составу примитивной мантии (Тейлор, Мак-Леннан, 1988)

Породы чикманского комплекса: 1 – брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; 2 – лейцит-мелилитсодержащие кимберлиты; 3 – мелилитсодержащие кимберлиты; 4 – оливин-калиевополевошпатовые лампроиты (?); 5 – карбонатизированные брекчии мелилитсодержащих кимберлитов; кимберлиты разных регионов мира (по рис. 6); 6 – тр. Умбинская (Средний Тиман); 7 – тр. Пионерская (ААП); 8 – тр. Нюрбинская (ЯАП); 9 – тр. Фоорспойд (Юж. Африка)



Рис. 8. Морфологические особенности цирконов из щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса в катодолуминесцентных (КЛ) лучах и в проходящем свете. Белыми кружками на КЛ изображениях цирконов показаны точки датирования (см. порядковый номер в табл. 4)

Результаты U-Rb датирования цирконов из щелочно-ультраосновных пород Благодатского массива

Номер п.п.	Концентрации, мкг/г		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст, млн лет		Изотопные отношения						К, отн. ед.	
	U	Th		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	\pm	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$		
1	457	236	19,6	0,53	313	4	0,0525	2,9	0,361	3,1	0,04982	1,2	0,378
2	100	58	4,37	0,60	317	5	0,0480	14	0,333	14	0,05039	1,7	0,115
3	314	280	13,7	0,92	319	3	0,0506	4,5	0,353	4,7	0,05067	1,1	0,239
4	187	155	8,24	0,85	319	4	0,0550	7,8	0,384	7,9	0,05069	1,3	0,163
5	1378	693	73,1	0,52	385	3	0,0554	2,0	0,471	2,1	0,06157	0,76	0,356
6	821	214	44,4	0,27	389	3	0,0548	4,2	0,470	4,3	0,06214	0,77	0,179
7	1396	1164	74,8	0,86	390	3	0,0544	1,6	0,468	1,8	0,06233	0,74	0,412
8	759	357	41,1	0,49	393	3	0,0546	2,5	0,473	2,6	0,06286	0,81	0,306
9	1214	523	65,8	0,45	394	3	0,0544	2,0	0,472	2,1	0,06297	0,77	0,367
10	4010	3117	219	0,80	394	3	0,0546	2,3	0,475	2,5	0,06302	0,89	0,361
11	632	318	34,5	0,52	397	3	0,0539	2,1	0,472	2,3	0,06347	0,85	0,371
12	3194	2354	168	0,76	378	3	0,0545	2,5	0,454	2,6	0,06042	0,81	0,315
13	3166	1785	169	0,58	382	3	0,0530	3,5	0,447	3,6	0,06112	0,86	0,240
14	1078	499	56,9	0,48	383	3	0,0527	2,1	0,445	2,2	0,06126	0,74	0,331
15	620	498	32,8	0,83	384	3	0,0535	3,9	0,453	4,0	0,06139	0,84	0,209
16	288	159	15,3	0,57	386	4	0,0539	5,0	0,458	5,1	0,06164	1,0	0,204
17	1002	497	53,6	0,51	389	3	0,0553	3,2	0,474	3,2	0,06214	0,75	0,231
18	730	342	39,2	0,48	390	3	0,0530	3,0	0,456	3,1	0,06238	0,68	0,217
19	478	258	25,7	0,56	390	3	0,0522	3,1	0,449	3,2	0,06241	0,88	0,273
20	1136	817	61,0	0,74	391	2	0,0545	1,8	0,470	1,9	0,06245	0,58	0,308
21	1869	731	101	0,40	391	2	0,0545	2,3	0,469	2,4	0,06249	0,56	0,232
22	1015	463	54,8	0,47	393	3	0,0550	1,5	0,476	1,6	0,06283	0,72	0,434
23	744	333	38,0	0,46	371	3	0,0533	2,5	0,435	2,6	0,05930	0,83	0,315
24	1024	399	54,1	0,40	385	3	0,0548	1,8	0,465	1,9	0,06147	0,78	0,404
25	14	5	1,25	0,41	605	34	0,044	95	0,60	95	0,0985	5,9	0,062
26	13	5	1,31	0,42	636	37	0,055	78	0,78	79	0,1038	6,1	0,078
27	20	8	2,18	0,40	718	26	0,045	55	0,74	55	0,1178	3,8	0,069
28	18	7	1,69	0,41	621	30	0,054	65	0,75	66	0,1011	5,1	0,078

Примечания: 1–11 – брекчи меллитосодержащих кимберлитов; 12–22 – лейцит-меллитосодержащие кимберлиты; 23–28 – оливин-калийполеватовые лампроиты (?). Ошибки приведены для интервала 1-сигма. Pb_c и Pb* – доли обыкновенного и радиогенного свинца. Ошибка калибровки стандарта не превышает 0,5%. (1) – коррекция на обыкновенный свинец проведена по измеренному ^{206}Pb . К – коэффициент корреляции ошибок $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Аналитик Е. Н. Лепехина.

карбонатизирующих флюидов связан с вмещающими карбонатными толщами [13].

Кимберлиты, в которых присутствуют мелилит, санидин и эпидейцит, известны в районе Кроонстад Юж. Африки [22] и, по классификации Р. Х. Митчелла [23], они были отнесены к крайним членам кимберлитов гр. II, т. е. к переходным породам между кимберлитами и лампроитами. Таким образом, большинство щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса следует рассматривать как редкие разновидности кимберлитов.

Как было сказано выше, породы чикманского комплекса прорывают, наряду с вулканогенно-осадочными породами венда, терригенные образования такатинской свиты нижнего девона. Для уточнения возраста щелочно-ультраосновных пород в ЦИИ ВСЕГЕИ проведено изотопное датирование цирконов на ионном зонде SHRIMP II. Крупные цирконы (более 2 мм) выделены на обогащенной фабрике из крупнообъемных проб на алмазы, так как они попадают в накопитель вместе с алмазами, обладая люминесцентными свойствами, отобраны и описаны Г. И. Шафрановским. По морфологии, внутреннему строению (рис. 8, 27), геохимическим и другим свойствам (табл. 4) эти цирконы оказались однотипными и дали конкордантный возраст 652 ± 10 млн лет [17]. По совокупности признаков они наиболее близки к кимберлитовым цирконам и, по-видимому, являются ксеногенными для вмещающих их кимберлитовых и лампроитовых (?) пород комплекса, как и глубинные ксенолиты. В некоторых цирконах Г. И. Шафрановским были обнаружены и изучены минералы-включения экологитового парагенезиса (дистен, ильменит, рутил).

Для получения данных по геологическому возрасту внедрения пород чикманского комплекса отобраны образцы главных разновидностей пород из наших коллекций разных лет. После дробления и сепарации из тяжелых фракций этих образцов и получения снимков в катодных лучах в ЦИИ ВСЕГЕИ были выбраны цирконы для изотопного датирования. Эти цирконы имеют различные размеры и морфологию (рис. 8), анализировались идиоморфные призматические (от 150×75 до 60×30 мкм) и изометричные (75×75 мкм) зерна. В КЛ лучах они характеризуются темным цветом и зональностью, выраженной в чередовании темных и более светлых полос. Темные оболочки, иногда достаточно мощные, окаймляют большинство кристаллов. По отношению к крупным древним цирконам (табл. 4, 25–28) они отличаются очень высоким содержанием U и Th (табл. 4) и повышенным по сравнению с содержанием этих элементов в цирконах долеритов усвинского комплекса горы Благодать ($U_{n=10} \sim 690$, $Th_{n=10} \sim 317$ мкг/г).

По результатам изотопного U-Pb датирования цирконов получены конкордантные возрасты (табл. 4): $391 \pm 2,3$ (N = 7; СКВО = 0,054), $316,8 \pm 3,9$ (N = 4; СКВО = 0,32) для брекчий мелилитсодержащих кимберлитов и $388 \pm 2,2$ млн лет (N = 11; СКВО = 0,66) для лейцит-мелилитсодержащих кимберлитов. Единичные цирконы из оливин-калиевополевошпатовых лампроитов (?) имеют возраст, близкий к возрасту цирконов из кимберлитов – $371 \pm 3,0$ и $385 \pm 3,0$ млн лет.

В результате проведенных комплексных исследований из состава ранее описывавшегося вендско-

го благодатского комплекса выделен среднепалеозойский кимберлитовый чикманский комплекс. Установлено, что его породы слагают маломощные интрузивные и эксплозивные тела и представлены мелилитсодержащими кимберлитами и их брекчиями, лейцит-мелилитсодержащими кимберлитами, оливин-калиевополевошпатовыми лампроитами (?). По вещественному составу кимберлиты чикманского комплекса близки к специфическим разновидностям кимберлитов гр. II, т. е. к промежуточным породам между кимберлитами и лампроитами.

При крупнообъемном опробовании выявлена убогая алмазоносность брекчий мелилитсодержащих кимберлитов. Установлено, что по типоморфным особенностям алмазы этих пород не отличаются от алмазов россыпных месторождений района.

Геологические данные, исследование и датирование цирконов на ионном зонде SHRIMP II позволили установить среднепалеозойский (D_3-C_1) возраст щелочно-ультраосновных пород чикманского комплекса.

На территории Восточно-Европейской платформы континентальный рифтогенез среднепалеозойского (D_3-C_1) тектоно-магматического этапа характеризуется развитием основного и щелочно-ультраосновного магматизма, в том числе проявлениями алмазоносных кимберлитов. В основном щелочно-ультраосновной магматизм установлен и изучен на окраинах платформы Терский Берег, Архангельская кимберлитовая провинция, Средний Тиман, Волноваха (Донецкая область Украины).

Проведенные исследования подтверждают, что среднепалеозойский кимберлитовый, в том числе алмазоносный магматизм характерен и для Западного Урала, являющегося окраиной платформы.

1. Алмазоносные флюидно-эксплозивные образования Пермского Приуралья / Л.И. Лукьянова, В.Р. Остроумов, А.Я. Рыбальченко, Г.Г. Морозов, О.В. Петров, И.П. Тертин и др. – М.; СПб.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, ВСЕГЕИ, 2011. – 240 с.

2. Архангельская алмазоносная провинция. Геология, петрография, геохимия и минералогия / под ред. О.А. Богатикова. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 524 с.

3. Берлянд Н.Г. Глубинное строение и эволюция литосферы Урала. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – 256 с.

4. Благулькина В.А. Петрохимические типы кимберлитов Сибири // Сов. геология. 1969. № 7. – С. 60–70.

5. Богатиков О.А., Кононова В.А., Голубева Ю.Ю. и др. Петрохимические и изотопные вариации состава кимберлитов Якутии и их причины // Геохимия. 2004. № 3. – С. 915–939.

6. Богатиков О.А., Кононова В.А., Первов В.А. и др. Потенциально алмазоносный магматизм Восточно-Европейской платформы // Проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. – М., 2004. – С. 225–245.

7. Гапеева Г.М. Положение кимберлитов в генетической классификации горных пород // Бюлл. ВСЕГЕИ. 1958. № 1. – С. 137–139.

8. Гаранин В.К., Зильберман А.М., Кудрявцева Г.П. и др. О составе ильменита в щелочно-ультраосновных вулканических брекчиях западного склона Среднего Урала // ДАН СССР. Т. 248. 1979. № 4. – С. 923–926.

9. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 1: Запад России и Урал. Кн. 2: Урал / ред. О.А. Кондаин; соредаторы А.А. Беляев, А.Н. Мельгунов, Н.А. Румянцева. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 584 с.

10. Зильберман А.М., Чернышова Е.М., Кичигин Ю.Н. Новые проявления щелочно-ультраосновного вулканизма на западном склоне Среднего Урала // Доордовикская история Урала. Вып. 3: Вулканизм. 1980. – С. 30–46.
11. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 538 с.
12. Илупин И.П., Каминский Ф.В., Францесон Е.В. Геохимия кимберлитов. – М.: Недра, 1978. – 352 с.
13. Ланда Э.А., Голобурдина М.Н. О природе карбонатного материала в породах Благодатского массива (Средний Урал) // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: Материалы XI Всерос. петрограф. совещ. – Екатеринбург, 2010. Т. 2. – С. 9–10.
14. Легенда Уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 (актуализированная версия). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 383 с.
15. Лукьянова Л.И., Румянцева Н.А., Ланда Э.А., Шафрановский Г.И. Алмазность Урала: история исследований, состояние проблемы // Регион. геология и металлогения. 2005. № 26. – С. 58–66.
16. Лукьянова Л.И., Смирнов Ю.Д., Зильберман А.М., Чернышова Е.М. О находках алмазов в пикритах Урала // Записки ВМО. 1978. Ч. 107. Вып. 5. – С. 580–585.
17. Лукьянова Л.И., Шафрановский Г.И., Лепехина Е.Н., Матуков Д.И. Геохимические особенности и возраст цирконов из алмазносных пород Западного Урала по данным локального датирования U-Pb методом (SHRIMP II) // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всерос. совещ. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2006. – С. 84–86.
18. Малахов И.А., Ильясов Л.К. О составе гранатов и хромшпинелидов из ксеногенных включений в щелочных вулканитах горы Благодать (Средний Урал) // Ежегодник-1978: Информ. материалы. – Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1979. – С. 100–102.
19. Петрографический кодекс России: Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования: 2-е изд. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с. Прил. 7.
20. Пятенко И.К., Сапрыкина Л.Г. Петрологические особенности щелочных базальтоидов и вулканических карбонатитов Русской платформы // Петрология и петрохимия рудоносных магматических формаций: Сб. статей. – М.: Наука, 1981. – С. 233–255.
21. Румянцева Н.А., Чурилин Н.С., Лукьянова Л.И. Базальтовые формации Урала // Вопросы петрологии Урала (магматизм, метаморфизм, литология): Сб. статей. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. – С. 48–65.
22. Howarth G.H., Michael E., Skinner W., Prevec S.A. Petrology of the hypabyssal kimberlite of the Kroonstad group II kimberlite (orangeite) cluster, South Africa: Evolution of the magma within the cluster // Lithos. 2011. Vol. 125 (1–2). – P. 795–808.
23. Mitchell R.H. Kimberlite, orangeites and related rocks. – New York: Plenum Press, 1995. – 410 p.
24. Mitchell R.H., Bergman S.B. Petrology of lamproites. – New York: Plenum Press, 1991. – 472 p.
25. Paton C., Hergt J.M., Woodhead J.D. et al. Identifying the asthenospheric component of kimberlite magmas from the Dharwar Craton, India // Lithos. 2009. Vol. 112. Supp.1. – P. 296–310.

Голобурдина Марина Николаевна – инженер I кат., ВСЕГЕИ. <Marina_Goloburdina@vsegei.ru>.

Лукьянова Людмила Ивановна – канд. геол.-минер. наук, зав. отделом аспирантуры, ВСЕГЕИ. <Lyudmila_Lyukianova@vsegei.ru>.

Лепехина Елена Николаевна – науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Elena_Lepekhina@vsegei.ru>.