

О ГИПЕРГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ ПОРОД В АЛМАЗОНОСНЫХ РЕГИОНАХ

Н.Н. Зинчук^{1*}

¹Западно-Якутский Научный Центр АН РС (Я), Мирный, Россия

OF ANCIENT CRUSTS OF WEATHERING IN CONNECTION WITH DIAMOND PROSPETING WORKS

N.N. Zinchuk (West-Yakutian Scientific Centre of the S (Ya) Republic AS, Mirny, Russia)

Резюме. Исследования древних кор выветривания (КВ) на различных породах (терригенно-карбонатные образования, долериты, туфы, туфогенные образования и кимберлиты) показало, что в условиях теплого и влажного климата образовались соответствующие гипергенные формации. Развитие неполных профилей выветривания вызвано слабым выносом двухвалентных катионов из первичных минералов. Вновь возникающие фазы будут диоктаэдричными и нередко сохраняют смешанный состав структурных катионов. Установленные типоморфные различия в составе каждого типа КВ можно успешно использовать при совершенствовании методики поисковых работ на алмазы.

Abstract. Studies of ancient crusts of weathering (CW) on various rocks (terrigenous-carbonate formations, dolerites, tuffs, tuffaceous formations and kimberlites) showed that in the conditions of a warm and humid climate, the corresponding hypergenic formations were formed. The development of the incomplete weathering profiles is caused by a weak removal of divalent cations from the primary minerals. The newly arising phases will be dioctahedral and often retain a mixed composition of structural cations. The established typomorphic differences in the composition of each type of (CW) can be successfully used in improving the methods of prospecting for diamonds.

Ключевые слова: коры выветривания, терригенно-карбонатные породы, долериты, туфы, туфогенные образования, кимберлиты.

Keywords: crusts of weathering, terrigenous-carbonate rocks, dolerites, tuffs, tuffaceous formations, kimberlites.

***Николай Николаевич Зинчук**, д.г.м.н., профессор, Западно-Якутский Научный Центр АН РС (Я), Мирный, Россия, e-mail: nzinchuk@rambler.ru

Поступила в редакцию: 22 Марта 2017

В алмазоперспективных районах древних платформ мира широким развитием пользуются древние коры выветривания (КВ) на различных породах [1-3, 8-10], а также отложения, обогащенные продуктами их размыва и переотложения в различных фациальных обстановках [4-7]. Интенсивность выветривания обычно возрастает с увеличением температуры и количества выпадающих осадков. Большое значение при этом имеет также обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами. Мощность КВ во многом зависит от глубины залегания грунтовых вод. Наиболее мощная КВ формируется на водоразделах, в то время как интенсивная денудация элювиальных продуктов происходит

вдоль эрозионной сети, а на плоских водоразделах наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже.

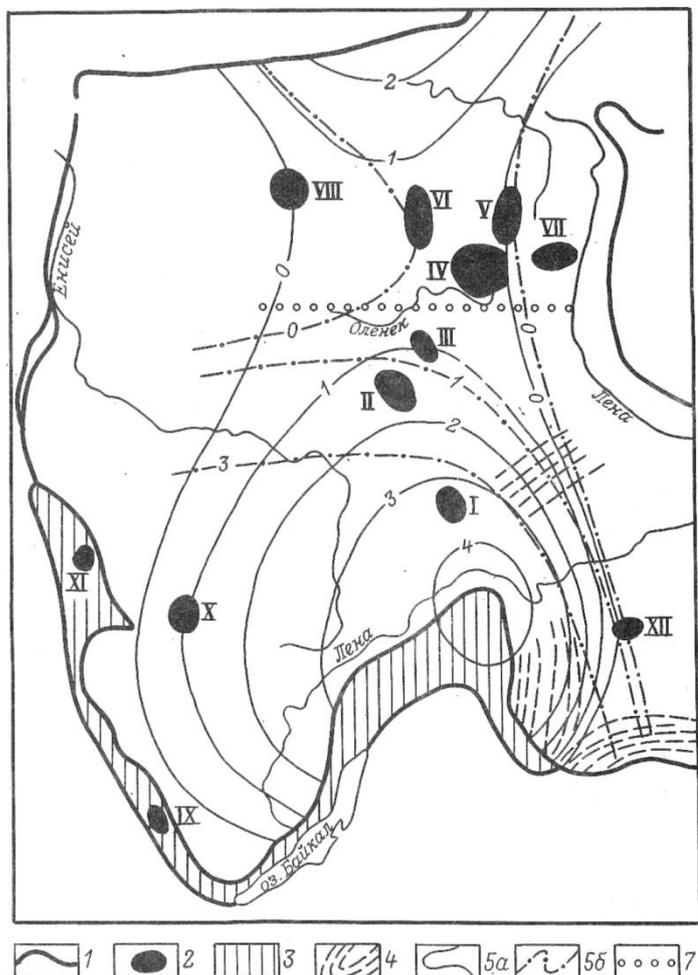


Рис.1. Схема распространения кимберлитовых и кимберлитоподобных пород на СП: 1-граница СП; 2-районы развития кимберлитов и кимберлитоподобных пород (1-Малоботуобинский; 2-Далдыно-Алакитский; 3-Верхнемунский; 4-Среднеоленекский; 5-Нижнеоленекский; 6-Куонамский; 7-Приленский; 8-Маймеча-Котуйский; 9-Белозиминский; 10-Чадобецкий; 11-Северо-Енисейский; 12-Алданский); 3-структурные комплексы нижнего протерозоя; 4-миогеосинклинальные зоны байкалиды; 5-линии тренда алмазности, в условных единицах (а-для всей провинции; б-для северной части провинции без районов УШ-XI); 6-граница между Вилюйской и Анабаро-Оленекской алмазными областями.

Сохраняются от размыва элювиальные продукты только при стечении благоприятных факторов и, преимущественно, в понижениях древнего рельефа и в тектонически опущенных блоках. Наиболее детально КВ в алмазносных регионах изучены (рис.1) в Малоботуобинском (МБАР), Далдыно-Алакитском (ДААР) и Средне-Мархинском (СМАР) районах Сибирской платформы (СП), в которых благоприятные палеогеографические условия для формирования выветрелых толщ

существовали преимущественно в позднедевонское- раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время (рис.2).

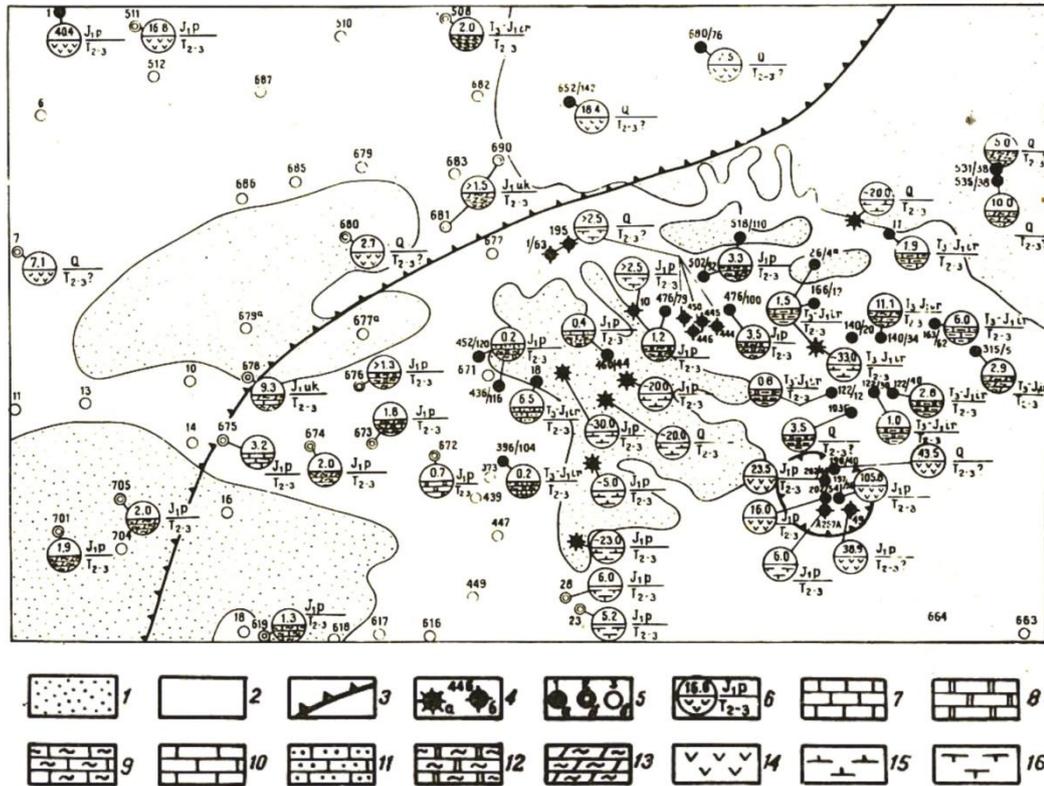


Рис.2. Карта изученности (фрагмент) КВ среднего-верхнего триаса МБАР СП:

Условные обозначения: Терригенно-карбонатные породы: 1 – устькутской свиты нижнего ордовика, 2 – илгинской свиты верхнего кембрия, 3 – область максимального распространения пород трапповой формации нижнего триаса; 4 – трубки взрыва: а – кимберлитов, б – пород трапповой формации; 5 – скважины (цифры сверху – их номера), по которым кора выветривания: а – изучена, б – не изучена, в – не установлена; 6 – обозначения: у круга в числителе – индекс возраста перекрывающих кору выветривания отложений, в знаменателе – индекс возраста коры выветривания; в верхнем секторе круга – мощность коры выветривания в метрах, в нижнем – породы субстрата; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – известняки глинистые и глины известковистые; 10 – известняки алевритистые, алевриты известковистые; 11 – известняки песчанистые; 12 – доломиты глинистые; 13 – мергели; 14 – долериты; 16 – агломератовые туфы и туфобрекчии основного состава.

Поскольку на рассматриваемой территории в конце девона произошло сокращение морского бассейна [4, 7], то на северо-западе и северо-востоке Тунгусской синеклизы (ТС) сформировались прибрежные низменные равнины, а на юге как этой, так и Вилюйской синеклиз (ВС), возникли равнины с континентальным осадконакоплением (рис.3), которые разделялись более высокими денудационными плато.

Группа	Система	Отдел	Общая растворенная кислотность и перерывы в осаждении	Эпохи корообра- зования	Корреля- тивные осадки	Примечание	
Кайнозойская KZ	Четвертичная	Q		?		На Сибирской платформе устанавливается развитие указанных эпох корообразования. Однако в рассматриваемом регионе соответствующие им коры выветривания и коррелятивные осадки отсутствуют	
	Неогеновая N	Плиоцен N ₂					
		Миоцен N ₁					
	Палеогеновая P	Олигоцен P ₃			?		
		Эоцен P ₂					
Палеоцен P ₁							
Мезозойская MZ	Меловая K	K ₂				В депрессиях траппового плато формировались обогащенные продуктами кор выветривания преимущественно глинистые образования, а на остальной территории - чуждые региону песчаногалечные отложения полимиктового состава	
		K ₁					
	Юрская J	J ₃					
		J ₂					
		J ₁					
	Триасовая T	T ₃					
		T ₂					
T ₁							
Палеозойская PZ	Пермская P	P ₂				На отдельных площадях региона фрагментарно накапливались маломощные терригенные отложения D ₃ -C ₁ , которые впоследствии были размывы	
		P ₁					
	Каменно-угольная C	C ₃					
		C ₂					
		C ₁					
	Девонская D	D ₃					
		D ₂					
	Силурийская S	S ₂					
		S ₁					
	Ордовикская O	O ₃					
O ₂							
O ₁							
Кембрийская Є	Є ₃						
	Є ₂						
	Є ₁						
Протерозойская PR	Вендская V	V				Отсутствуют данные об эпохах корообразования PR в регионе	
Архейская AR							

Рис.3. Эпохи корообразования в фанерозе Якутской алмазонасной провинции СП.

Каменноугольному периоду активизации общего воздымания СП предшествовала эпоха относительного покоя, в течение которой практически не происходило дифференцированных тектонических движений. Выравнивание пенепленизированного рельефа и образование

элювия на исходных породах протекало постепенно на протяжении всего периода формирования территории, при котором продукты КВ поступали в коррелятивные толщи равномерно, что связано с незначительными в это время изменениями тектонического режима и палеорельефа. Поэтому отложения нижнего карбона ТС отражают погребенную поверхность выравнивания на границе девона и карбона и по всему разрезу обогащены продуктами выветривания, представляя тем самым формацию КВ [4, 9]. Общая картина осадконакопления в карбоне (по сравнению с девоном) изменялась мало. На территории ТС в карбоне и перми широкое развитие получили низменные заболоченные равнины с угленосными отложениями. В конце пермского периода во многих районах СП начались излияния лав и внедрение траппов (особенно сильно проявившиеся к началу раннего триаса). К концу этого периода длительная эпоха денудации завершилась пенеппенизацией СП. Региональная пенеппенизация в среднем и позднем триасе обусловлена эпохой относительного тектонического покоя, предшествующая юрской активизации СП. В этот же период происходило формирование мощной КВ, причем корообразование, денудация и переотложение элювиальных продуктов в коррелятивные толщи происходили относительно равномерно, что было обусловлено (как и в позднем девоне-раннем карбоне) слабым изменением палеорельефа и тектонического режима. Поэтому иреляхская свита рэт-геттанга Ангаро-Виллойского мезозойского прогиба (АВМП), наиболее обогащенная продуктами переотложения КВ (являющаяся формацией КВ и продуктов их переотложения) является отражением погребенной денудационной поверхности среднего-верхнего триаса.

В пределах упомянутых выше основных районов СП, расположенных в пределах Якутской алмазонасной провинции (ЯАП), древние КВ развиты на различных породах: терригенно-карбонатных нижнего палеозоя, долеритах, туфах и туфобрекчиях трубчатых тел, туфогенных образованиях корвунчанской свиты и кимберлитах. В структурном плане древние КВ приурочены преимущественно к конседиментационным палеоподнятиям [4, 9, 10], в пределах которых в период формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин. В конседиментационных палеоподнятиях, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования. Например, в позднедевонское-раннекаменноугольное время в МБАР относительно наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя развивались (а затем сохранились от размыва) на Мирнинском, Улу-Тогинском, Джункунском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявших Ботуобинскую, Улу-Тогинскую, Джункунскую и Ахтарандинскую впадины (рис.2). При этом в отдельных разрезах устанавливаются верхние горизонты КВ, свидетельствующие о формировании в них полных профилей. Подобные палеогеоморфологические особенности развития и распределения характерны и для средне-позднетриасовые КВ на аналогичных породах,

которые в МБАР формировались в двух различных структурно-формационных зонах [4-5], резко отличающихся условиями развития и сохранения элювиальных продуктов. Одна из них охватывает всю северо-западную половину территории района и в структурном отношении совпадает с северо-западным бортом АВМП, являвшегося на протяжении длительного времени (норий-ранний лейас) денудационной, и только в плинсбахе – денудационно-аккумулятивной поверхностью. Здесь ко времени корообразования были развиты верхнепалеозойские терригенно-вулканогенные отложения, а также породы трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные образования) нижнего триаса. Только в полосе шириной примерно 25-30 км вдоль бровки северо-западного борта АВМП в то время обнажались терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, подвергающиеся интенсивному корообразованию. Вторая – юго-восточная зона района, совпадающая с центральной частью АВМП, где в среднем и позднем триасе обнажались терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, была неблагоприятной для интенсивного корообразования. В процессе выветривания разрушенный материал субстрата сносился в пониженные участки центральной части прогиба.

В позднедевонское-раннекаменноугольное время на большей части территории Непско-Ботубинской и Анабарской антеклиз и их склонов, а также почти на всей площади МБАР и ДААР выветриванию подвергались повсеместно обнажавшиеся *терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя*. В средне-позднетриасовое время корообразование на этих породах происходило только в юго-восточной части МБАР. Из-за значительно большего эрозионного среза пород в допозднепалеозойское время, чем в дораннеюрское, сохранность средне-позднетриасовых КВ оказалась здесь значительно лучшей, чем позднедевонских-раннекаменноугольных. В целом эти КВ вместе с перекрывающими их отложениями фиксируют поверхность последних циклов денудации этих двух глобальных и продолжительных эпох выветривания, приведшие к формированию разновозрастных формаций КВ и продуктов их переотложения. Комплексные исследования многих профилей выветривания этих пород показали, что несмотря на различный возраст, условия формирования и сохранности КВ, есть общие их свойства и минеральный состав. В легкой фракции продуктов КВ терригенно-карбонатных пород повышены концентрации полуокатанных и окатанных зерен кварца и халцедона, а также угловатых обломков опала. Здесь отмечено и повышенное, по сравнению с другими выветрелыми толщами, содержание кислых плагиоклазов (альбита и плагиоклаза) и санидина, которые в верхних горизонтах разрезов чаще всего регенерированы и изменены. Зерна плагиоклазов обычно имеют неправильную форму со сглаженными углами. Слабо выветрелым терригенно-карбонатным породам свойственно также присутствие вторичных сульфатных минералов – алюминита, паралюминита, базалюминита, ярозита и др. Для тяжелой фракции довольно характерны полуокатанные и окатанные зерна апатита, альмандина, турмалина, циркона, эпидота, а также повышенные концентрации аутигенного пирита, сидерита,

барита и ярозита. В отдельных разрезах отмечены также единичные пластинчатые обломки хлоритоида, брусита, муассанита, не встреченные в КВ других типов. Присутствующий в терригенно-карбонатных породах триоктаэдрический и в основном раннекатагенетический тонкодисперсный тонкодисперсный хлорит, образующий в породах цемент, быстро разлагается в зоне гипергенеза. Поэтому пелитоморфные продукты выветривания этих пород представлены исключительно диоктаэдрическими минералами. На самой ранней стадии выветривания - это первичные минералы (гидрослюды и монтмориллонит-гидрослюдистая смешанослойная фаза), а на более поздних стадиях и вторичные минералы (типа каолинита). Особенностью глинистой составляющей КВ терригенно-карбонатных пород, независимо от времени их формирования, следует считать повсеместное присутствие в её составе диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$ с Al и Fe^{3+} в октаэдрических позициях. Весьма характерным минералом в продуктах выветривания этих пород является также монтмориллонит-гидрослюдистое смешанослойное образование с различной тенденцией к упорядоченности. Анализ вариационных LM/OK-диаграмм, построенных по предложенной нами [9] совместно с В.Г.Хитровым и Д.Д. Котельниковым методике, показывает, что выветривание терригенно-карбонатных пород резко отличается от характера изменения в гипергенных условиях магматических пород региона (долеритов, туфов и туфогенных образований, а также кимберлитов). При этом вектор преобразования терригенно-карбонатных пород направлен непосредственно к полю каолинита, что в целом соответствует известной закономерности его образования при выветривании кислых и близких к ним (по химическому составу) осадочных пород. Этот вывод полностью подтверждается нашими данными о закономерном развитии каолинита в наиболее полных профилях КВ терригенно-карбонатных пород.

Учитывая общие черты в вещественном составе продуктов выветривания *пород трапповой формации (туфов, туфогенных образований и долеритов)*, целесообразно рассматривать их минералого-геохимические особенности совместно, акцентируя внимание не только на отличительных чертах состава, характеристике первичных минералов, но и на некоторых аспектах строения и кристаллической структуры, что подчеркивает главные типоморфные признаки элювиальных продуктов. Характерными минералами легкой фракции выветрелых пород трапповой формации являются в различной степени измененные плагиоклазы (от андезина до битовнита) и гейландит. Вверх по разрезам в породах обычно увеличивается содержание олигоклаза, что связано с меньшей устойчивостью средних и основных плагиоклазов. В слабо измененных зернах плагиоклазов довольно часто наблюдаются полисинтетические двойники. Гейландит в породе представлен мелкими угловатыми пластинчатыми обломками неправильной формы. Довольно характерными для КВ туфов и туфогенных пород можно считать также выделения аллофана. Типоморфными минералами тяжелой фракции пород трапповой формации является ильменит [4, 9]. В КВ долеритов обычно доминируют

толстотаблитчатые и пластинчатые кристаллы минерала с хорошо развитыми гранями и угловатые обломки с реликтами огранки. В КВ туфов и туфогенных пород зерна ильменита преимущественно неправильной формы со сглаженными краями, реже – остроугольные обломки. Довольно характерна для выветрелых пород трапповой формации значительная концентрация амфиболов, моноклинных пироксенов, эпидота, клиноцоизита, цоизита, турмалина, циркона, дистена и вулканического стекла. Среди тяжелых аутигенных минералов резко доминируют разнообразные выделения гидроксидов железа, что придает им буроватую окраску. Для глинистых минералов из слабо измененных долеритов является Mg-Fe³⁺-монтмориллонит [3], ассоциирующий с вермикулитом. Обе фазы являются сегрегированными друг от друга и в структурном отношении представляют механическую смесь. При резком уменьшении количества вермикулитовых пакетов в структуре смешанослойного образования оно (с одновременным резким увеличением количества дефектов в структуре) все более приближается к диоктаэдрическому типу, что также сопровождается усилением роли Al в октаэдрических позициях структуры этой фазы. Данное смешанослойное образование характеризуется беспорядочным наложением слоев в структуре и пониженными значениями параметра *b* (0,894-0,896 нм) элементарной ячейки. Ему свойственно также слабое разбухание с глицерином после насыщения К, что указывает на относительно высокий заряд слоистых слоев структуры. Анализ вариационных LM/ОК-диаграмм показал [9], что несмотря на определенное различие исходных пород основного состава, продукты их выветривания по химизму на данной стадии гипергенного преобразования имеют тенденцию к сближению. Векторы выветривания основных пород исследованных алмазоносных районов СП направлены к полю бокситов, что обусловлено образованием при их выветривании гидроксидов Al. Происходящее значительное перераспределение Si и вынос его избытка и железа из структуры первичных минералов обуславливает первоначальное развитие каолинита в средних частях наиболее измененных профилей, а в отдельных трубочных телах туфогенных пород и гиббсита.

Для установления закономерностей преобразования *кимберлитов* и определения типоморфных особенностей продуктов их выветривания проведено [3-5, 10] комплексное исследования профилей выветривания СП, Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Гвинеи. Для легких фракций образований КВ кимберлитовых пород характерно постоянное присутствие бледно-оливковых и желтовато-зеленых чешуек флогопита и продуктов его изменения (хлорита и вермикулита), обломков серпентина, а также глинисто-карбонатных агрегатов, состоящих преимущественно из смеси глинистых минералов, кальцита и доломита. В сильно химически переработанных продуктах выветривания кимберлитов увеличивается количество пироба, корродированного по кубоидному типу [3, 8-10]. Нередки в КВ кимберлитов зерна пироба с белесой рубашкой, столь характерной для древних россыпей района. Как для плотных, так и для выветрелых кимберлитов характерны пиробы с келифитовой каймой. В

зависимости от степени выветрелости кимберлитов, отмечены различные следы изменения оливина (вплоть до полной его серпентинизации), пироксенов, хромшпинелидов и пикроильменита. В глинистой составляющей продуктов выветривания кимберлитов, кроме содержащихся в легкой фракции серпентина, хлорита и вермикулита, присутствует также монтмориллонит, монтмориллонит-гидрослюдистая смешанослойная фаза и гидрослюда. Судя по значению $b=0,893$ нм, в октаэдрических сетках структуры разбухающих минералов содержатся в основном Fe^{3+} и Al. В нижних и средних частях КВ кимберлитов эта смешанослойная фаза характеризуется тенденцией к упорядоченному чередованию пакетов. К верхам профилей в ней появляются явные элементы разупорядочения структуры, в лабильных промежутках (как и в монтмориллоните), преобладают Mg и Ca. Во фракции мельче 0,001 мм слабо измененных кимберлитов (преимущественно зона дезинтеграции) серпентин представлен пластинчатой разновидностью, структура которой состоит из слоев типов А и В [2, 5]. Сохраняется минерал вплоть до самых верхов профилей выветривания, где характеризуется только политипом А. При этом для частиц новообразованного политипа (А) вначале характерна округлая глобулярная форма (размер глобул до 0,5 мкм). Глобулы образуются иногда на острых гранях других минералов. Они сочленяются в вытянутые червеподобные сростки длиной в несколько микрометров. Вверх по разрезу обычно увеличиваются размеры частиц новообразованного серпентина и его сростков. Отсюда следует, что морфологические выделения серпентина в породах, не затронутых выветриванием, существенно отличаются от его форм в продуктах гипергенного изменения кимберлитов и родственных им пород. Направление вектора выветривания кимберлитов на вариационной LM-OK-диаграмме [4, 9] занимает промежуточное положение между полем терригенно-карбонатных образований и пород основного состава. Свойственный слюде в кимберлите политип 1М обуславливает более быстрое накопление в продуктах диоктаэдризации Al, чем выветривание слюды 2M₁ в терригенно-карбонатных породах.

Продолжительность периодов корообразования, протекающих при теплом влажном климате и относительно хорошем дренаже территории, существенно влияет на мощность элювиальных толщ и на количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ при их образовании, либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с этих позиций изложенные выше данные о древних КВ основных алмазоносных районах СП как в целом, так и в наиболее богатых алмазами МБАР и ДААР, можно отметить, что в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время здесь существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования. Об этом свидетельствуют, в первую очередь, сохранившиеся от размыва мощные КВ с высокозрелыми верхними горизонтами. Непосредственно в КВ россыпи алмазов формируются только над кимберлитовыми трубками, что приводит к ограниченным их размерам [4, 9]. На других породах россыпи не образуются, за исключением случаев,

когда субстратом являются вторичные коллекторы алмазов (например, верхнепалеозойские отложения). Поэтому важное значение имеет установление условий размыва и переотложения продуктов КВ при накоплении верхнепалеозойских и мезозойских отложений, детально изученными нами в пределах МБАР, где они одновременно пользуются широким развитием. Следует отметить ситуацию, если формирование этих отложений (и в первую очередь их грубообломочных горизонтов) происходило в условиях накопления делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озерных фаций (т.е. за счет преимущественно ближнего сноса местного материала), то тогда вблизи кимберлитовых тел формировались россыпи алмазов. При обильном привносе чуждого региону терригенного материала и развитие аллювиальных фаций происходили при размыве КВ на кимберлитах и приводили к выносу обогащенных алмазами продуктов за пределы локальных участков и сильному разубоживанию их за счет «транзитного» неалмазоносного аллювия. В таких условиях образование алмазных россыпей становилось практически невозможным. Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации и накопление их в основном в пресноводных континентальных водоёмах, а также небольшая мощность сформировавшихся осадочных толщ и незначительные погружения их определили, в частности, слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы, а также отсутствие наложенных на них процессов катагенетического преобразования. Эти условия привели к тому, что глинистые минералы верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ основных алмазоносных районов СП, связанные в основном с процессами переотложения различных продуктов выветривания, определенным образом наследуют структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это позволяет использовать изложенные выше типоморфные признаки однотипных минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций, а также геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из различных источников сноса и связанных с гипергенными изменениями пород различного состава.

На протяжении *позднего палеозоя* в МБАР (северо-восточный борт ТС) унаследованное и некомпенсированное опускание отдельных участков территории привело к образованию ряда конседиментационных депрессий: Ахтарандинской на западе, Улахан-Ботубинской, охватывающей нижнее течение р. Б.Ботубии, и Кюеляхской – в верховье р.Кюелях. Между этими депрессиями располагаются участки, испытавшие относительно замедленное опускание территории. На западе района установлено Чернышевское поднятие, а в районе Улу-Тогинской петли р.Виллой – Улу-Тогинское, совпадающее с осевой линией Улу-Тогинского поднятия. Хотя в районе пока не обнаружены кимберлитовые трубки, перекрытые верхнепалеозойскими отложениями, однако находки в базальных горизонтах этих поднятий заметных концентраций алмазов и индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) со специфическими свойствами позволяют

предполагать присутствие на этой территории еще неоткрытых коренных источников. Главнейшими образованиями верхнего палеозоя МБАР, в формировании которых значительную роль сыграли позднедевонские-раннекаменноугольные КВ, являлись (рис.3) породы лапчанской (P_{1l}), ботуобинской (P_{1bt}) и боруллойской (P_{2br}) свит. Преобладание в базальных горизонтах *лапчанской свиты* крупнообломочного материала из местных источников сноса (известняки, известковистые песчаники, доломиты и др.), полевошпатово-кварцевый (нередко до кварцевого) состав минералов легкой фракции, обедненный комплекс минералов тяжелой фракции (с преобладанием их аутигенных разновидностей) указывают на преобладание в составе пород лапчанской свиты материала переотложенной КВ на терригенно-карбонатных породах. В разрезах лапчанской свиты, непосредственно залегающих на КВ терригенно-карбонатных пород, в нижних горизонтах отмечены [4, 9] максимальные концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$. Для пелитовой составляющей лапчанской свиты свойственна также повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, по структурно-морфологическим особенностям близкого к установленному в КВ терригенно-карбонатных пород. Это, как содержание и состав грубообломочного материала, а также минеральные парагенезисы легкой, тяжелой и глинистой фракций, позволяет утверждать, что в период формирования осадков лапчанской свиты в них преобладали продукты переотложения КВ терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и кластических образований среднего палеозоя. Значительно меньшую роль играли в этом процессе выветрелые продукты основного и ультраосновного состава. В грубообломочном комплексе образований *ботуобинской свиты* отмечено повышенное (до 60%) содержание гальки кварцитов. Отсортирован обломочный материал в базальных горизонтах этой свиты обычно плохо. Основные породообразующие минералы ботуобинской свиты – кварц и полевые шпаты. Весьма типичны здесь минералы группы эпидота, среди которых, в отличие от лапчанской свиты, преобладает эпидот. Отдельные прослои обогащены чешуйчатыми выделениями биотита, лепидомелана, мусковита и хлорита. Для тяжелой фракции характерно присутствие в различной степени окатанных зерен циркона, турмалина и апатита. В отличие от лапчанской свиты, в нижних горизонтах ботуобинской увеличивается концентрация монтмориллонита, неупорядоченных монтмориллонит-гидрослюдистых и вермикулит-монтмориллонитовых смешанослойных образований, что свидетельствует о возрастании в этих горизонтах роли продуктов выветривания пород основного и ультраосновного составов и уменьшении роли продуктов выветривания терригенно-карбонатных пород. На это указывает также сравнительно меньшие концентрации диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$ и каолинита с относительно упорядоченной структурой. Нередко отмечается достаточно высокая концентрация каолинита по всему разрезу свиты, что связано с поступлением его из верхних горизонтов КВ на породах трапповой формации. В грубообломочном материале *боруллойской свиты* несколько увеличивается содержание обломков кварца. Основное отличие пород этой

свиты от нижележащих каменноугольно-пермских отложений сводится к широкому присутствию в легкой и тяжелой фракциях слюдистых минералов (биотита, мусковита и лепидомелана). Постоянно присутствуют в этих породах минералы группы эпидота. Отмечены также различия в минеральном составе базальных горизонтов и всего разреза в целом. Так, для проб из базального горизонта свиты характерно отсутствие слюд и хлорита, а также повышенные содержания ильменита, лейкоксена, а иногда и альмандина. В пелитовой составляющей преобладают монтмориллонит, неупорядоченные монтмориллонит-гидрослюдистые и вермикулит-монтмориллонитовые смешанослойные образования, а в проницаемых породах (песчаниках и алевролитах) пойменных и озерно-болотных фаций – и каолинит. Уменьшается содержание гидрослюды и хлорита. Анализ особенностей минерального состава отложений боруллойской свиты позволяет считать, что в процессе их формирования доминирующее влияние оказали продукты выветривания основных пород среднепалеозойского возраста. Выветрелые толщи терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя, которые к тому времени в значительной степени были уже перекрыты отложениями лапчанской и ботубобинской свит, играли подчиненную роль. Следует отметить, что некоторое количество встреченных в боруллойской свите минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций может быть связано также с перемывом и переотложением пород средне-позднекаменноугольного и раннепермского возраста. Это касается незначительного количества монтмориллонита и ассоциирующих с ним смешанослойных образований. Неравномерное распределение по разрезу свиты продуктов КВ терригенно-карбонатных пород подчеркивается такими особенностями гидрослюды 2M₁ и каолинита.

В мезозойское время в пределах большей части МБАР, территориально совпадающей с АВМП, существовали, как показано выше, две структурно-формационные зоны, которые характеризовались специфическими особенностями строения, наложившими определенный отпечаток на формирующиеся осадки. Материал древних КВ попадал в бассейны седиментации в период формирования здесь (рис.3) континентальных отложений иреляхской (Т₃ –J₁ir) и укугутской (J₁uk), а также прибрежно-морских плинсбахского (J₁p) и тоарского (J₁t) ярусов. В отложениях *иреляхской свиты* псефитовые породы представлены [5] гравелитами, конгломератами, брекчиями, а также рыхлыми галечно-щебеночными отложениями. В основании разреза они обычно образуют линзы и прослои, а по разрезу отмечаются только рассеянные гальки и гравий. Наибольшая мощность прослоев грубообломочных пород отмечена в нижней толще иреляхской свиты в пределах приосевой части АВМП, где обломочный материал представлен преимущественно (до 80 %) сравнительно хорошо окатанными разнообразными (метаморфическими, кислыми, средними, щелочными изверженными и интрузивными) чуждыми району породами. Обломки местных пород (различно изменённые терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя и траппы) окатаны слабо. Широко распространены здесь псаммиты, представленные граувакковыми аркозами,

полевошпат-кварцевыми и кварц-полевошпатовыми граувакками. Чисто алевроитовые и глинистые породы в разрезах приосевой части прогиба встречаются сравнительно редко. Петрографический состав крупнообломочного материала в иреляхской свите этой части прогиба, как и данные пофракционных минералогических исследований, указывают на незначительную концентрацию здесь продуктов перемыва и переотложения древних КВ. Для иреляхских отложений вдоль отмеченной полосы АВМП характерно развитие глин с прослоями тонкозернистых песков и алевроитов. Более полные разрезы свиты сохранились здесь в Иреляхской и Мачобинской депрессиях. Стратотипом иреляхских отложений этого района можно считать разрезы древней россыпи, расположенной в локальной впадине на борту Иреляхской мезозойской депрессии. Повышенная концентрация продуктов переотложения древних КВ отмечается в нижних горизонтах свиты. Обычно в таких участках увеличивается крупность песка и появляется примесь галечного и гравийного материала. Нередко в нижних частях разрезов встречаются глыбы и щебень по-разному выветрелых терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и значительная концентрация ИМК (пиропы и пикроильменита). Вверх по разрезу содержание выветрелого материала резко уменьшается. Неравномерно распределяется и выветрелый материал кимберлитов. Наблюдается и различная дальность его переноса, что, кроме различного морфологического облика ИМК и самих алмазов, подтверждается и установленным нами [4-5] присутствием здесь некоторых вторичных минералов, характерных для кимберлитов: Fe-Mg-хлорита, вермикулита и серпентина политипной модификации А. О незначительном переносе этих минералов свидетельствуют их структурно-морфологические особенности и приуроченность к иреляхским алмазоносным россыпям МБАР, сформированным вблизи от коренных месторождений. *Отложения укугутской свиты* в целом характеризуются незначительной концентрацией продуктов переотложения древних КВ. Нижние горизонты укугутской свиты сложены довольно мощной толщей конгломератов, галечный материал в которых представлен разнообразными изверженными, метаморфическими и осадочными породами. Подавляющее большинство (до 90%) этих образований являются чуждыми для района. В депрессиях траппового плато (северо-западный борт прогиба) отложения укугутской свиты более обогащены продуктами переотложения древних КВ, чем в центральной части прогиба, но значительно меньше, чем иреляхские породы. В отложениях укугутской свиты северо-западного борта прогиба развиты гравелиты, отличающиеся от иреляхских большей грубозернистостью и иным составом обломков, среди которых не встречены пелитизированные эффузивы. В укугутских отложениях заметно больше гравийных зерен кварца и полевых шпатов (ортоклаза и микроклина). Довольно характерны для укугутских отложений песчаные образования. В отличие от иреляхской свиты в укугутских появляются сильно хлоритизированные обломки эффузивов или туфов с реликтовыми порфиловыми и кристалловитрокластическими структурами. Алевроитовые и

глинистые породы в укугутских разрезах встречаются сравнительно редко и обычно залегают в виде отдельных прослоев в различных частях изученной территории. Иногда в разрезе отмечается тонкое переслаивание алевролитов, глин и мелкозернистых песчаных пород, а в алевритах наблюдаются мелкие частицы хлоритизированных пород, по форме и структуре напоминающие пелитизированные обломки, встреченные в иреляхской свите, но отличающиеся от них интенсивным зеленым цветом и значительными концентрациями хлорита. Результаты комплексного изучения вещественного состава укугутских отложений показывают, что они слабо обогащены продуктами переотложения КВ. Только в локальных депрессиях северо-западного борта прогиба, в случае непосредственного залегания их на КВ терригенно-карбонатных пород и траппов, в нижних горизонтах увеличивается концентрация аллотигенных глинистых минералов, связанных с выветриванием указанных пород. В отложениях *плинсбахского яруса* крупнообломочные породы пользуются ограниченным распространением. Их петрографический состав менее разнообразен, чем в укугутской свите, и обычно тесно связан с составом местных пород. Довольно широко развиты в плинсбахских отложениях псаммитовые образования (преимущественно аркозовой и граувакковой групп), что характерно и для аналогичных пород *тоарского яруса*. От аналогичных образований укугутской свиты, отложения плинсбахского и тоарского ярусов отличаются более высоким содержанием литоидных обломков и частично их составом. Алевролиты плинсбахского яруса нередко переслаиваются с песчаными образованиями, образуя алевро-песчанистый ритмолит. Они обычно плохо сортированы, имеют полимиктовый состав и повышенную углистость. В таких алевритах обычно много хлоритизированных обломков слюд и продуктов их изменения – хлоритов. Для тоарских отложений также характерны алевритовые породы, отличающиеся значительной крупностью частиц, большими примесями глинистого вещества, полимиктовым составом и обилием скоплений хлорита и сидерита, а также заметно меньшим содержанием слюд и обломков неизмененных пород. Для отложений плинсбахского и тоарского ярусов в целом не свойственна высокая концентрация продуктов выветривания других пород, что подтверждается особенностями вещественного состава этих толщ. В период формирования этих отложений небольшую роль играли только продукты древних КВ основных пород, на что указывает присутствие в пелитовой составляющей аллотигенного монтмориллонита и смешанослойных образований.

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что позднедевонские-раннекаменноугольные и средне-позднетриасовые эпохи характеризуются активным развитием процессов корообразования, протекающих в условиях теплого и влажного климата, в результате чего образовались соответствующие формации КВ. Сложный многокомпонентный состав исходных пород в древних КВ СП (за исключением терригенно-карбонатных пород), содержащий ди- и триоктаэдрические минералы, в структуре которых есть трех- и

двухвалентные породообразующие элементы, обусловил замедленное преобразование первичного материала. В результате формирования разрезов КВ зачастую приостановилось на начальных стадиях. Развитие неполных профилей выветривания вызвано прежде всего слабым выносом двухвалентных катионов из первичных минералов. Поэтому вновь возникающие фазы будут диоктаэдричными и нередко сохраняют смешанный состав структурных катионов. Поскольку в продуктах выветривания преобладает пелитовая составляющая, важнейшими типоморфными признаками глинистых образований в изученных КВ являются: а) повсеместное присутствие диоктаэдрической гидрослюды ($2M_1$) в КВ терригенно-карбонатных пород и её постоянная ассоциация в наиболее зрелых профилях с каолинитом относительно наиболее упорядоченной структуры, чем у каолинита, образовавшегося за счет других пород; б) постоянное наличие в разрезах КВ пород трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные образования) наряду с ди- и триоктаэдрическим монтмориллонитом, а также неупорядоченным вермикулит-монтмориллонитовым смешанослойным образованием, в той или иной мере неупорядоченного каолинита, ассоциирующего в КВ туфогенных пород с галлузитом (при полном отсутствии в продуктах выветривания слюдоподобных минералов); в) содержание в КВ кимберлитов совместно с поликатионным монтмориллонитом, значительного количества триоктаэдрического хлорита (пакеты δ' и δ), серпентина (структурные типы А и В) и в значительной степени измененного флогопита, в том числе и связанной с ними гидрослюды 1М. Кроме того, установлено, что в изученных КВ смешанослойным образованиям в зависимости от природы исходных минералов, за счет которых они возникли, свойственны как различные виды переслаивания пакетов, так и неодинаковый химический состав в одном и том же типе указанных фаз, что является их важным типоморфным признаком. В частности, вермикулит-монтмориллонитовое смешанослойное образование развито в породах, в которых отсутствуют минералы слюдоподобного типа, а из трехэтажных разновидностей встречается в основном вермикулит. Соответственно, монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования приурочены к породам, содержащим минералы трехэтажного типа с К в межслоевых промежутках, т.е. типично слюдистого типа. По кристаллохимическим особенностям указанная смешанослойная фаза в КВ кимберлитов существенно отличается от аналогичной в измененных терригенно-карбонатных породах. Это связано с иными природой и химизмом исходного материала, за счет которых в кимберлитах возникло указанное образование, представленное продуктами диоктаэдризации флогопита и дальнейшей его деградации, что обуславливает свойственный указанным продуктам высокий отрицательный межслоевой заряд, который наследуется от исходной слюдистой структуры. Такие особенности смешанослойной фазы, характеризующейся специфической неоднородностью слагающих её пакетов, являются важным признаком продуктов выветривания кимберлитов. Отмеченные различие в

типоморфном составе каждого типа коры выветривания можно успешно использовать при совершенствовании методики поисковых работ на алмазы.

Литература

1. Домбровская Ж.В., (1973) Палеогеновая кора выветривания Центрального Прибайкалья, Москва, Наука, 155 с.
2. Звягин Б.Б., (1964) Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов, Москва, Недра, 280 с.
3. Зинчук Н.Н., (1992) Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ, *Геология и геофизика*, 7, с.99-109.
4. Зинчук Н.Н., (1994) Кора выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы, Новосибирск, изд-во НГУ, 240 с.
5. Зинчук Н.Н., (2000) Постмагматические минералы кимберлитов, Москва, Недра, 538 с.
6. Орлов Ю.Л., (1984) Минералогия алмаза, Москва, Наука, 264 с.
7. Петров В.П., (1967) Основы учения о древних корах выветривания, Москва, Недра, 343 с.
8. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И., (1998) Коренные месторождения алмазов Мира, Москва, Недра, 556 с.
9. Хитров В.Г., Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., (1988) Закономерности изменения химического состава пород в зоне гипергенеза, Гипергенез и рудообразование, Москва, Наука, с.15-28.
10. Шамшина Э.А., (1979) Кора выветривания кимберлитовых пород Якутии, Новосибирск, Наука, 150 с.