

ОПЫТ ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ В СВЯЗИ С АЛМАЗОПОИСКОВЫМИ  
РАБОТАМИ (НА ПРИМЕРЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Н. Н. Зинчук

*Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия) (г. Мирный)*

Поступила в редакцию 5 сентября 2013 г.

**Аннотация:** в статье приведены результаты комплексного изучения кор выветривания на различных породах в алмазонасных районах Сибирской платформы и определена их концентрация в продуктивных верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщах этой же территории; определена область практического применения результатов исследования.

**Ключевые слова:** коры выветривания, Сибирская платформа, гипергенные минералы, типоморфные особенности, минеральный состав, верхний палеозой, мезозой.

**Abstract:** overall study of the mantles of waste within the different lithologies of the Siberian platform diamondiferous ranges is envisaged. Their concentration in the pay sedimentary sequences of Upper Paleozoic and Mesozoic is determined.

**Key words:** mantles of waste, Siberian platform, supergene minerals, Siberian platform, hypergene minerals, typomorphic peculiarities, mineral composition, Upper Paleozoic, Mesozoic.

В последние годы прогнозно-поисковые работы на алмазы охватывают новые площади распространения верхнепалеозойских и мезозойских отложений, в первую очередь в Мало-Ботуобинском, Далдыно-Алакитском, Средне-Мархинском и Маркокинском алмазонасных районах (соответственно юго-восточная, центральная, северо-восточная части восточного борта Тунгусской синеклизы, северо-восток Ангаро-Вилуйского прогиба). С целью выяснения условий размыва и переотложения материала древних кор выветривания в продуктивных толщах в последние годы проведено комплексное изучение вещественного состава элювия одного из важнейших алмазонасных районов – Мало-Ботуобинского, в центре Якутской кимберлитовой провинции (ЯАП). В разрезе его верхнепалеозойских отложений выделяются континентальные верхнекаменноугольные-нижнепермские образования лапчанской, ботуобинской и борулойской свит [1].

Мезозойские отложения представлены континентальными отложениями иреляхской и укугутской свит, а также прибрежно-морскими и морскими образованиями плинсбахского и тоарского ярусов [2]. Иреляхские отложения сформированы в начале мощного мезозойского этапа осадконакопления в западной части Вилуйской синеклизы. По ним обычно

восстанавливают историю заложения и развития этих структур [3].

В ЯАП древние коры выветривания развиты на терригенно-карбонатных нижнего палеозоя долеритах, туфах и туфобрекчиях трубок, туфогенных образованиях корвунчанской свиты, кимберлитах [4; 5]. В структурном плане древние коры выветривания приурочены преимущественно к конседиментационным поднятиям. В  $D_3-C_2$  в Мало-Ботуобинском районе наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные коры выветривания на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя возникли на Улу-Тогинском, Мирнинском, Джункунском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявших Кюеляхскую, Улахан-Ботуобинскую и Ахтарандинскую впадины (рис. 1). Подобные палеогеоморфологические особенности характерны и для средне-позднетриасовых кор выветривания. Судя по построенным картам, в пределах Мало-Ботуобинского района в мезозойское время сформировались две структурно-формационные зоны, различающиеся развитием и сохранностью доюрских кор выветривания (рис. 2). Одна из них на всей северо-западной половине района совпадает с северо-западным бортом Ангаро-Вилуйского мезозойского наложенного прогиба. Последний в нории – раннем лейасе был денудационной, а в плинсбахе – денудационно-аккумулятивной поверхностью. В  $T_{2-3}$ , судя по сохранившимся разрезам полного профиля латеритоподобной коры вы-

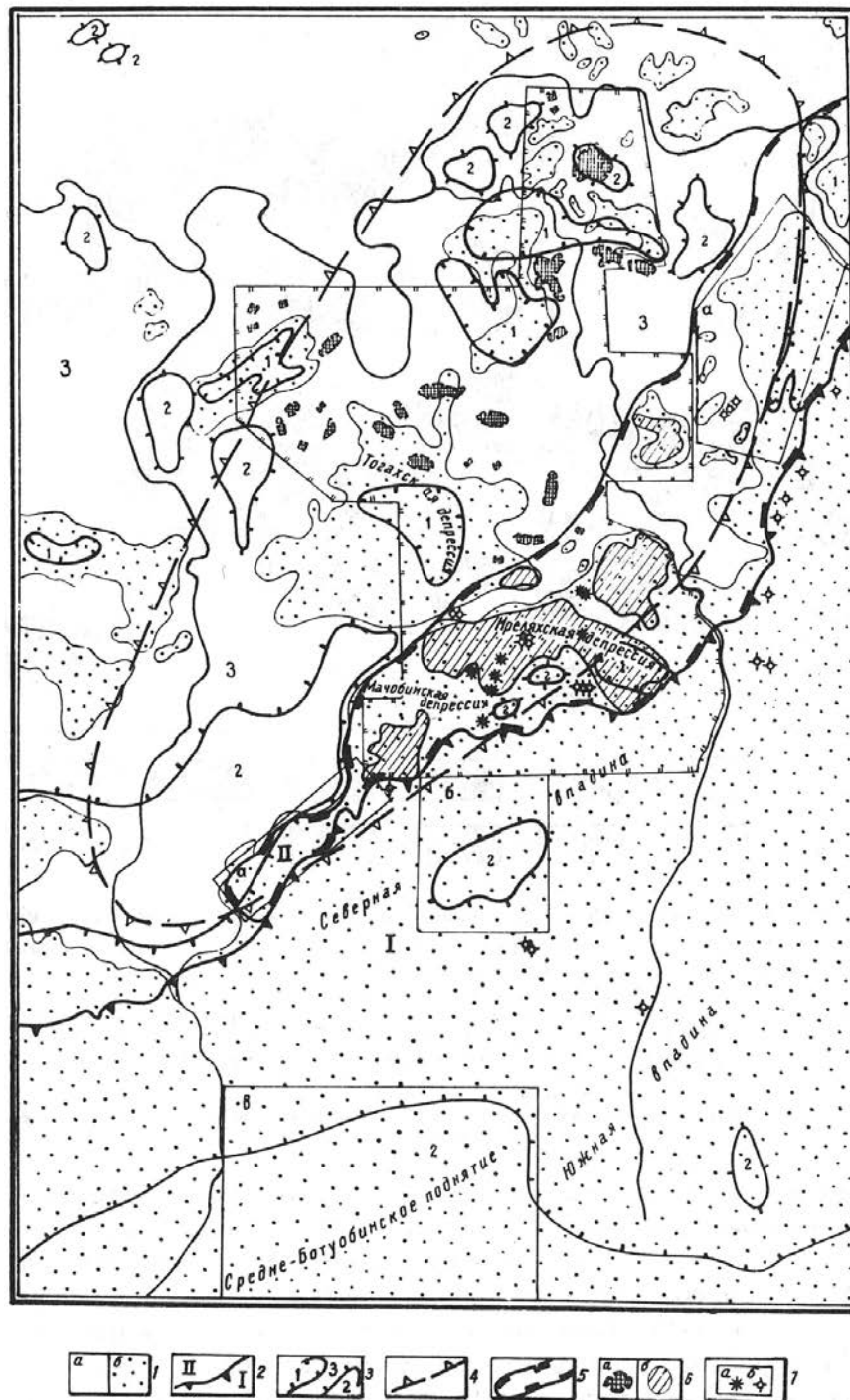


Рис. 1. Схематическая карта средне-, позднепермского выравнивания и кор выветривания Мало-Ботубинского алмазного района: 1 – поверхности выравнивания и развитые на них коры выветривания среднего и верхнего, в значительной степени уничтоженные более поздними денудационными процессами (а – перекрытые верхнетриасовыми-нижнеюрскими отложениями, б – отпрепарированные); 2 – граница двух структурно-формационных зон (I – юго-восточной, территориально совпадающей с центральной частью Ангаро-Вилуйского прогиба, II – северо-западной, охватывающей северо-западный борт этого прогиба, преимущественно трапповое плато); 3 – площади, в пределах которых существовали следующие условия для развития и сохранения кор выветривания и продуктов их ближнего переотложения: 1 – неблагоприятные, 2 – благоприятные, 3 – весьма благоприятные; 4 – граница Нижне-Ботубинского неотектонического поднятия; 5 – граница площади распространения преимущественно терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя; б – поля развития кор выветривания (а – на долеритах и туфах нижнего триаса, б – на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя); 7 – трубки взрыва трапповых пород

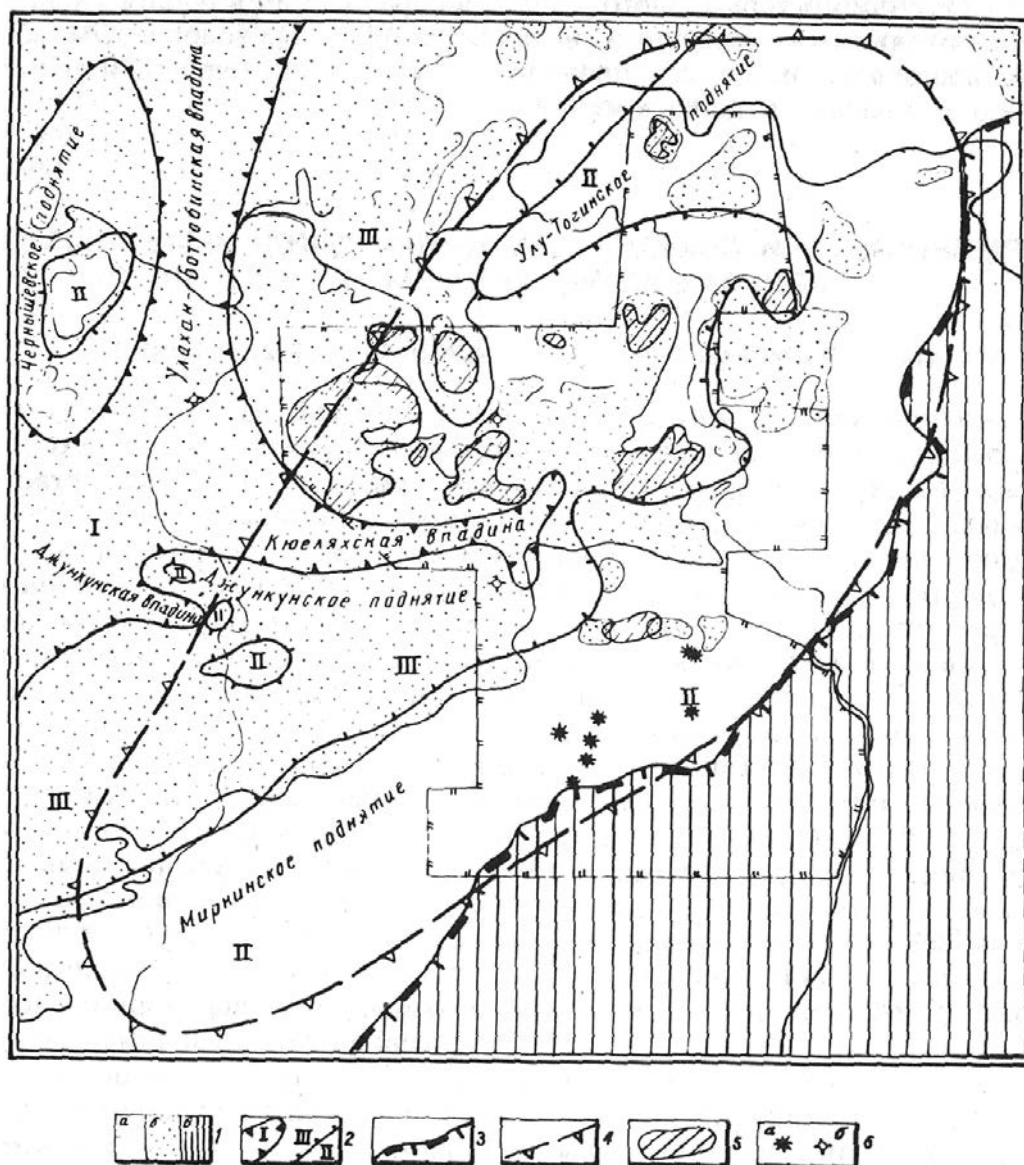


Рис. 2. Схематическая карта поверхностей позднедевонско-раннекаменноугольного выравнивания и кор выветривания Мало-Ботубинского алмазоносного района: 1 – поверхности выравнивания и развитие на них коры выветривания верхнего девона-нижнего карбона (а – частично уничтоженные и перекрытые верхнепалеозойскими отложениями; б – отпрепарированные и в значительной степени уничтоженные более поздними денудационными процессами; в – полностью уничтоженные в период дорэтского среза территории в пределах центральной части Ангаро-Вилуйского прогиба); 2 – площади, территориально совпадающие с конседиментационными палеовпадинами, а также с верхними и нижними частями конседиментационных палеоподнятий, в пределах которых соответственно существовали следующие условия для развития и сохранения кор выветривания и продуктов их ближнего переотложения: I – неблагоприятные, II – благоприятные, III – весьма благоприятные; 3 – северо-западная граница центральной Ангаро-Вилуйского прогиба; 4 – граница Нижне-Ботубинского неотектонического поднятия; 5 – поля развития кор выветривания на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя; 6 – трубки взрыва трапповых пород

ветривания [6], существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования. Такие профили изучены [7; 8] на: терригенно-карбонатных породах  $PZ_1$ , мощностью до 15 м (по правобережью нижнего течения р. Малая Ботубия); траппах  $T_1$  мощностью до 43,5 м (Хатат-Улегирское междуречье); кимберлитах мощностью до 15 м (трубка имени XXIII съезда КПСС). Показаны [9] существенные различия в со-

ставе продуктов выветривания на различных типах пород в анализируемом регионе [10; 11].

Особенности концентрации продуктов переотложения различных типов кор выветривания в отложениях  $MZ$  определены тектонической позицией разрезов [12]. Анализ минерального состава легкой и тяжелой фракций и их распределение по площади показывает [13], что в *иреляхской свите* в целом раз-

вит сходный с породами  $PZ_3$  комплекс минералов. Сходство их морфологического облика позволяет сделать вывод, что основными источниками поступления в бассейны иреляхского времени являлись породы нижнего и верхнего палеозоя. Продукты выветривания терригенно-карбонатных пород в образованиях иреляхской свиты идентифицируются по присутствию каолинита и диоктаэдрической гидрослюда  $2M_1$ . Максимальная их концентрация (до 95 % пелитовой составляющей) отмечена в поле развития коры выветривания. Иреляхские отложения вдоль бровки северо-западного борта Ангаро-Вилуйского прогиба характеризуются неравномерным распределением материала из кор выветривания кимберлитов. Отмечена различная дальность его переноса. Это, кроме различного морфологического облика минералов-спутников и алмазов, подтверждается и присутствием некоторых вторичных минералов кимберлитов: **Fe-Mg-хлорита, вермикулита и серпентина** политипной модификации *A* [14]. В отличие от этого, отложения *укугутской свиты* характеризуются незначительной концентрацией продуктов из древних кор выветривания. Ее нижние горизонты сложены довольно мощной толщей конгломератов [11]. Галечный материал представлен изверженными, метаморфическими и осадочными породами, до 90 % чуждыми для района.

Для отложений *плинсбахского и тоарского ярусом* не свойственна высокая концентрация продуктов выветривания других пород. При формировании этих отложений небольшую роль играли только древние коры выветривания основных пород.

Формирование отдельных зон в разрезах кор выветривания бесслюдистых изверженных пород кислого и основного состава имеет общие черты [15; 16]. В профиле выветривания средняя зона характеризуется развитием в виде промежуточной фазы монтмориллонита, верхняя – устойчивого в зоне гипергенеза каолинита. Отличия заключаются в кристаллохимической природе монтмориллонита, возникающего по плагиоклазам разной основности и роговой обманке. В отличие от бесслюдистых пород кислого состава, слюдистые образования, как, например, терригенно-карбонатные отложения ЯАП [16], содержат в нижней зоне профиля выветривания диоктаэдрическую гидрослуду ( $b = 0,900$  нм) в виде смеси политипных модификаций  $1M$  и  $2M_1$  ( $1M > 2M_1$ ), триоктаэдрический хлорит ( $b = 0,922$  нм) и серпентин ( $b = 0,935$  нм). Наибольшее преобразование исходные породы претерпели в средне- и поздне триасовой коре. В ее средней зоне хлорит и серпентин полностью исчезают. Подвергается существенной деградации также гидрослуда  $1M$  (как менее устойчивая по сравнению с  $2M_1$ ), причем трансформационные процессы

в структуре гидрослуды  $1M$  обуславливают значительное увеличение количества разбухающих слоев, в то время как гидрослуда  $2M_1$  остается относительно стабильной. В результате возникает монтмориллонит – гидрослудистое смешанослойное образование в начале с содержанием менее 40 % разбухающих пакетов. В верхней зоне количество последних увеличивается до  $> 40$  %. Вследствие низкого совершенства структуры этой фазы в кислой среде верхней зоны она быстро разрушается. Из образующихся продуктов возникает полубеспорядочный каолинит. В результате указанных трансформаций содержание гидрослуды  $1M$  к верхам профиля выветривания резко снижается; здесь наблюдается преобладание политипа  $2M_1$  ( $2M_1 > 1M$ ).

Слюдистые породы основного типа, в частности амфибол-флогопит-плагиоклазовые гнейсы СП [17], содержат около 50 % основного плагиоклаза, 30 % флогопита, 20 % амфибола. В нижней зоне коры выветривания в них присутствуют примеси триоктаэдрического хлорита ( $b = 0,920$  нм), а также три- (или Mg-Fe<sup>2+</sup>-) и диоктаэдрического (или Al-Fe<sup>3+</sup>-) монтмориллонита ( $b$  соответственно равно 0,920 и 0,891 нм). В последнем случае они связаны с начальной стадией трансформации флогопита в свойственной зоне восстановительной обстановке и (в небольшом объеме) с деструкцией плагиоклаза. В слабо выветрелых частях общей верхней зоны в связи с развитием кверху по профилю все более окислительной обстановки флогопит трансформируется в вермикулит ( $b = 0,916$  нм). Плагиоклаз и амфибол в этих условиях подвергаются интенсивному растворению, причем из продуктов разложения первого, как и в нижней зоне, возникает ди- ( $b = 0,996$  нм), а второго – дитриоктаэдрический (или Mg-Fe<sup>3+</sup>), монтмориллонит ( $b = 0,906$  нм). Одновременно в результате деструкции диоктаэдрического монтмориллонита и его полностью диоктаэдризированной части триоктаэдрической разновидности возникает каолинит с относительно упорядоченной структурой и весьма высокой дисперсностью частиц. Из-за частичной деградации вермикулита, кроме того, образуется ассоциирующий с ним дитриоктаэдрический монтмориллонит.

Изученные разности кимберлитов представлены [18] агрегатами серпентина из слоев типа *A* и *B* ( $b = 0,929$  нм) и кальцита с рассеянными выделениями магнетита, псевдоморфозами по оливиному, переменным количеством вкрапленников флогопита. Помимо этого в нижней зоне коры выветривания таких пород содержится примесь хлорита ( $b = 0,920$  нм), сепиолита, ди- триоктаэдрического Mg-Fe<sup>3+</sup>-монтмориллонита ( $b = 0,905$  нм) и гидрослуды ( $b = 0,900$  нм)  $1M$ , ассоциирующей с монтмориллонит-гидрослудой.

дистыми смешанослойными образованиями. Последние два продукта возникли при частичной диоктаэдризации флогопита. В средней зоне увеличивается доля гидрослюды, серпентин представлен только слоями А. Одновременно резко возрастают содержания Mg–Fe-хлорита, близкого к собственно Mg-разновидности, а также Mg–Fe<sup>3+</sup>-монтмориллонита. Разбухающий минерал, судя по сравнительно узким рефлексам на рентгенограммах, характеризуется относительным совершенством структуры. Смешанослойная фаза в этих двух частях разреза имеет тенденцию к упорядоченному чередованию преобладающих неразбухающих пакетов с подчиненными разбухающими. В самых верхних частях профилей выветривания кимберлитов с окислительной обстановкой хлорит появляется не всегда, могут, чаще всего, образовываться вермикулит и продукты его дальнейшей трансформации. Одновременно в результате продолжающейся диоктаэдризации монтмориллонита происходит некоторое ухудшение степени совершенства его структуры. Сопровождающая преобразования в низах верхней зоны частичная деструкция монтмориллонита обусловила относительное увеличение доли гидрослюды. В свою очередь, в структуре смешанослойной фазы содержание неразбухающих пакетов уменьшается; последние неупорядоченно чередуются с преобладающими разбухающими. В самих верхах разрезов из продуктов деструкции наиболее разупорядоченной части диоктаэдрического монтмориллонита и смешанослойной фазы синтезируется немного каолинита.

Профили выветривания слюдястых пород кислото-ультраосновного составов характеризуются сходным строением. Особенностью их изменения в нижней зоне является возникновение за счет первичных гипогенных минералов (триоктаэдрических слюд) гипергенного хлорита. В средней зоне наибольшее развитие имеют разбухающие минералы. В отличие от бесслюдястых пород они представлены, наряду с монтмориллонитом, смешанослойной фазой. Оба минерала в основных и ультраосновных породах относятся к типам собственно диоктаэдрическому и близкому к триоктаэдрическому. Диоктаэдризация прогрессирует сверху по профилю выветривания. Она является необходимым условием для возникновения в дальнейшем из продуктов деструкции разбухающих минералов наиболее устойчивого в гипергенных условиях слоистого минерала – каолинита. Для продуктов выветривания слюдястых и бесслюдястых разновидностей основных пород характерно более высокое содержание разбухающих минералов, чем базиты отличны от кислых пород. Благодаря этому и существенной триоктаэдричности значительной части названных минералов в профилях выветривания по

базитам, они более устойчивы даже в верхней зоне. В этих частях профилей выветривания кислых и терригенно-карбонатных образований в результате более быстрого разложения наименее совершенной слюдястой фазы политипной модификации 1М и производной монтмориллонит-гидрослюдястой смешанослойной фазы элювий обогащается более устойчивым политипом 2М<sub>1</sub>. Приведенные данные показывают, что формирование отдельных зон в профилях выветривания различных типов бесслюдястых и слюдястых пород от кислых до ультраосновных включительно определяется структурными особенностями породообразующих минералов и механизмом их преобразования в зоне гипергенеза.

Главнейшим процессом изменения бесслюдястых пород является растворение исходных минералов и синтез новообразований и ассоциаций. В корках выветривания бесслюдястых основных пород на ранних этапах гипергенного процесса образуется ассоциация из относительно более упорядоченного, чем в кислых породах, диоктаэдрического монтмориллонита и CaCO<sub>3</sub>. Универсальный характер этой ассоциации подчеркивается присутствием ее в нижних зонах элювия на долеритах ЯАП. Одновременно за счет разложения более устойчивых в гипергенезе пироксенов и амфиболов возникает близкий к триоктаэдрическому монтмориллонит. В отличие от диоктаэдрического, он, как и большинство слоистых силикатов триоктаэдрического типа, особенно гипогенных, характеризуется более совершенной структурой. При прогрессирующем выносе в процессе выветривания из структуры этого монтмориллонита Mg, полного окисления Fe<sup>2+</sup> происходит последовательная диоктаэдризация и его гомогенизация с диоктаэдрическим аналогом, связанная с деструкцией основного плагиоклаза. С учетом общей направленности кристаллохимических преобразований минералов в зоне гипергенеза указанный процесс необратим. Каолинит к верхам разреза характеризуется повышением степени совершенства структуры. Напротив, в слюдястых разновидностях кислых – основных магматитов наряду с растворением рассмотренных выше минералов важное значение приобретают процессы преобразования слюд. Благодаря слоистой структуре они при выветривании подвергаются деградационной трансформации. В зависимости от ди- или триоктаэдричности этих минералов и политипных модификаций изменения имеют особенности. Одна из них – присутствие в нижних и средних частях профилей выветривания гаммы различных смешанослойных образований, кроме возникающего в ряде случаев (при соответствующем типе исходных пород) собственно монтмориллонита. Так, в профилях выветривания кислых и терригенно-карбонатных пород СП содержится

смесь диоктаэдрических слюдястых минералов политипных модификаций  $1M$  и  $2M_1$ . В случаях преобладания в исходных породах слабо устойчивого политипа  $1M$  важное значение для образования элювиальных продуктов приобретает различная стабильность отдельных модификаций этих минералов. Уже на ранних этапах выветривания вследствие неоднородного замещения  $Si$  на  $Al$  в тетраэдрах кристаллической решетки слюды из части наименее заряженных межслоевых промежутков структуры  $1M$  происходит интенсивный вынос  $K$ . Это обуславливает развитие смешанослойной фазы. В верхних частях профилей выветривания такого типа за счет уменьшения смешанослойной фазы  $1M$  (в связи с превращением ее в каолинит) увеличивается роль более устойчивого политипа  $2M_1$ . В корах выветривания слюдястых базитов с основными плагиоклазами, пироксенами, амфиболами, тетраэдрическими слюдами (биотит и флогопит, минералы преимущественно политипной модификации  $1M$ ) на ранних этапах происходит развитие смешанослойных фаз и ряда промежуточных минералов триоктаэдрического типа. На самых ранних стадиях преобразования пород в щелочной среде при резко восстановительной обстановке флогопит частично трансформируется в хлорит, позднее, но в окислительной обстановке, – в вермикулит. Хлорит к верхам разрезов быстро исчезает. За счет изменения вермикулита в конечном счете образуется каолинит. В профилях выветривания ультраосновных пород (в частности кимберлитов) однотипные минералы базитов-ультрабазитов характеризуются близким механизмом преобразования. Гипергенный процесс выражен лишь перекристаллизацией относительно высокотемпературной политипной модификации серпентина типа  $B$  в самую низкотемпературную  $A$  благодаря длительному сохранению высокощелочной среды. За счет изменения флогопита образуется гидрослюда, наследующая политип  $1M$ , более устойчивый, чем монтмориллонит-гидрослюдистое смешанослойное образование.

Сравнительный анализ кор выветривания показывает [19–22], что, наряду с минеральными составами исходных пород и гидродинамикой среды, важное значение в формировании элювиальных продуктов имеют следующие факторы:

- 1) степень структурной упорядоченности первичных минералов;
- 2) унаследованность этих свойств вновь возникающими фазами;
- 3) универсальность преобразования гипогенных минералов в гипергенные по профилям выветривания на различных типах пород.

Установленные типоморфные особенности слюдястых образований в корах выветривания кимбер-

литов и элювии терригенно-карбонатных пород можно использовать при прогнозно-поисковых работах на алмазы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зинчук Н. Н. Особенности минерогенеза алмаза в древних осадочных толщах / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис, Ю. Т. Яныгин. – Мирный : Изд-во Мирнинской типографии, 2004. – 172 с.
2. Зинчук Н. Н. Глинистые минералы в древних алмазных отложениях / Н. Н. Зинчук, В. А. Хмелевский, Д. Д. Котельников // Минералог. сборник Львовского ун-та. – 1978. – № 33/1. – С. 62–71.
3. Афанасьев В. П. Минерогенез древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.
4. Зинчук Н. Н. Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников, Е. И. Борис. – М. : Недра, 1983. – 196 с.
5. Зинчук Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1994. – 240 с.
6. Коры выветривания Сибири. Книга 2 : Формация кор выветривания Сибирской платформы. – М. : Недра, 1979. – 249 с.
7. Котельников Д. Д. Кора выветривания на нижнепалеозойских терригенно-карбонатных породах Западной Якутии / Д. Д. Котельников, Н. Н. Зинчук, В. Н. Соколов // Бюлл. МОИП. Отдел геол. – 1982. – Т. 57, вып. 3. – С. 81–97.
8. Зинчук Н. Н. Преобразование минерального состава и микростроения долеритов Якутии в процессе выветривания / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников, В. Н. Соколов // Кора выветривания. – М. : Наука, 1983. – № 18. – С. 111–125.
9. Зинчук Н. Н. Особенности выветривания некоторых осадочных и интрузивных пород / Н. Н. Зинчук, Р. В. Кортман, Д. Д. Котельников, З. В. Врублевская // Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенные месторождения. – М. : Наука, 1980. – С. 86–93.
10. Зинчук Н. Н. О концентрации продуктов кор выветривания в верхнепалеозойских толщах восточного борта Тунгусской синеклизы / Н. Н. Зинчук, Е. И. Борис // Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22–29.
11. Зинчук Н. Н. Определение концентрации продуктов переотложения различных по составу кор выветривания в древних осадочных толщах – путь к совершенствованию методики прогнозирования и поисков алмазных месторождений / Н. Н. Зинчук // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков алмазных месторождений. – Мирный : Изд-во Мирнинской типографии, 1998. – С. 325–327.
12. Афанасьев В. П. Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук // Геология рудных месторождений, 1989. – Т. 41, № 3. – С. 281–288.
13. Зинчук Н. Н. Генетические типы и основные закономерности формирования алмазных россыпей / Н. Н. Зинчук, В. П. Афанасьев // Известия вузов. Геология и разведка. – 1998. – № 2. – С. 66–71.
14. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
15. Котельников Д. Д. Об устойчивости и палеогеографическом значении гидрослюдов в корах выветривания и продуктах

их переотложения на территории Западной Якутии / Д. Д. Котельников, Н. Н. Зинчук // ДАН СССР. – 1980. – Т. 255, № 3. – С. 705–709.

16. Хмелевский В. А. О влиянии фациальных условий накопления верхнепалеозойских отложений восточного борга Тунгусской синеклизы на их минеральный состав / В. А. Хмелевский, Н. Н. Зинчук, Р. А. Затхей, В. И. Тараненко. – М. : ВИНТИ, 1978. – 28 с.

17. Зинчук Н. Н. Тектоника и алмазоносный магматизм / Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2004. – 282 с.

18. Зинчук Н. Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников, В. Н. Соколов // Геология и геофизика. – 1982. – № 2. – С. 42–53.

19. Зинчук Н. Н. Историческая минерация : в 3 т. / Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005. – Т. 1 : Введение в историческую минерацию. – 590 с.

20. Савко А. Д. Коры выветривания и связанные с ними полезные ископаемые / А. Д. Савко, Ю. Ю. Бугельский, В. М. Новиков, А. Д. Слукин, Л. Т. Шевырев. – Воронеж : Истоки, 2007. – 355 с.

21. Савко А. Д. Эпохи мощного корообразования и алмазоносного магматизма в истории Земли / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев, Н. Н. Зинчук. – Воронеж : Воронежский университет, 1999. – 102 с.

22. Савко А. Д. Коры выветривания в геологической истории Восточноевропейской платформы / А. Д. Савко, А. Д. Додатко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1991. – 231 с.

*Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия) (г. Мирный)*

*Зинчук Н. Н., доктор геолого-минералогических наук, профессор*

*E-mail: nnsinchuk@rambler.ru*

*Тел.: 8-910-386-34-17*

*Western Yakut Scientific Centre of Academy of Science of Republic Sakha (Yakutia) (Mirny)*

*Zinchuk N. N., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor*

*E-mail: nnsinchuk@rambler.ru*

*Tel.: 8-910-386-34-17*