

УДК 553.81(571)

ОСОБЕННОСТИ СЛЮДЯНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

Н. Зинчук

*Западно-Якутский научный центр Академии наук РС(Я),
ул. Ленина, 4/1, 678170 г. Мирный, РФ
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

На основании проведенных исследований и обобщения имеющегося материала показано, что в направлении от центра Сибирской платформы к её северным территориям роль алмазоносных кимберлитов уменьшается. В северной части платформы доминируют щелочные пикриты, а в центральных алмазоносных районах кимберлиты формировались в диапазоне всей области устойчивости алмаза. В некоторых алмазоносных районах Сибирской платформы (а их более 30) есть кимберлиты, обогащенные слюдами; ярким представителем являются породы диатрем Накынского поля (Ботуобинская, Нюрбинская и тело Майское). Кимберлиты трубок этого поля принадлежат к одному петрохимическому типу, а выявленные вариации концентраций петрогенных оксидов связаны с разной интенсивностью протекания постмагматических и гипергенных процессов на разной глубине диатрем. В процессе становления диатрем происходит существенное изменение кимберлитов с широким развитием серпентина, карбонатов, флогопита и продукта его изменения – хлорита. Корреляционный анализ распределения минералов-новообразований и потенциальной алмазоносности кимберлитов показал обратную зависимость между содержанием слюды, кварца, доломита и концентрацией полезного компонента. Характерной особенностью изученных слюдяных кимберлитов является преобладание прозрачных или полупрозрачных алмазов октаэдрического и переходного к ромбододекаэдрическому габитуса первой разновидности при заметном содержании кристаллов с оболочкой четвертой разновидности.

Ключевые слова: алмаз, слюды, вторичные минералы, кимберлиты, щелочность, диатрема, постмагматические процессы, гипергенные процессы, Накынное кимберлитовое поле, Сибирская платформа.

Слюдяными (щелочными) кимберлитами обычно называют породы, содержащие более 5 % K_2O (входит в состав флогопита). Щелочность кимберлитов обратно пропорциональна их титанистости и возрастает от менее глубоких популяций к более глубоким [5, 15]. Ранее в работе В. Василенко с соавт. [3] проанализированы основные свойства слюдяных кимберлитовых пород Сибирской платформы (СП): проведено их типизацию по содержанию K_2O ; изучено распределение пород различной щелочности в кимберлитовых полях и в диатремах продуктивных кимберлитов; рассмотрены причины, определяющие возникновение кимберлитов разной щелочности, и их алмазоносность. Исследователи выделяли типы щелочных пород по различным кимберлитовым полям СП,

что дало возможность достоверно выделить четыре типа щелочных кимберлитов: ультраосновной, слюдистый, сублампрофировый и лампрофировый.

Ультраосновной (базальтоидный) тип с модой 0,4 % K_2O определяют по отношению к остальным по минимальному значению этого оксида 0,75 %. Это касается и слюдистых кимберлитов, которым соответствует максимум в границах 0,75–1,17 % K_2O . К сублампрофировому типу отнесены разновидности щелочных пород с содержанием оксида калия 1,2–2,2 %, а к лампрофировому – все породы с $K_2O > 2,2$ %. Однако для отличия кимберлитов от щелочных пикритов и других пород мы ранее рекомендовали [3, 5] использовать граничные значения $TiO_2 > 2,5$ % и $\Sigma Fe < 10$ %. Алмазность кимберлитов возрастает по мере снижения содержания TiO_2 от значения 2,2 %. Щелочные пикрит-кимберлиты с TiO_2 2,2–2,8 % также содержат некоторое количество алмазов, резко уменьшающееся в более титанистых разностях пород [2, 3, 12, 21].

В Малоботуобинском, Далдыно-Алакитском и Верхнемунском алмазных районах преобладают породы ультраосновного состава, а в Накынском и северных кимберлитовых полях – щелочного [14, 18, 19, 22, 23].

Закономерности распределения слюдистых образований и продуктов их изменения в кимберлитовых породах хорошо видно на примере **трубки Удачная** (рис. 1), которая имеет сложное многофазное строение. Для выявления этих закономерностей мы использовали результаты пересчетов валовых химических анализов на минеральный состав по ранее описанной методике [8]. Полученные таким образом качественные и количественные характеристики по вторичным минералам мы контролировали изучением прозрачных шлифов кимберлитов и рентгенодифрактометрическими исследованиями соответствующих проб. Для выяснения пространственных закономерностей распределения минералов проанализировано [4, 8, 10, 11, 17] тренды распределения минералов, а выборки сравнивали при помощи t - и F -критериев с учетом асимметричности и отклонения от нормального закона распределения некоторых компонентов, непараметрических критериев Колмогорова–Смирнова χ^2 и λ^2 .

Кимберлитовая трубка Удачная (см. рис. 1) состоит из двух сопряженных тел – восточного и западного; на дневной поверхности в плане она имеет форму искаженной восьмерки. Западное тело значительно крупнее восточного. В верхней части (примерно до глубины 250–270 м) оба тела контактируют друг с другом; поверхность контакта падает на запад. Глубже тела разобщены [8]. Вмещающими породами трубки у поверхности являются карбонатные отложения O_1 , а на глубине – C_{2-3} .

Западное тело в верхней части трубки выполнено кимберлитовыми брекчиями (КБ) серого и зеленовато-серого цвета, структура которых кристаллолитокластическая, участками автолитовая. Порода сильно изменена вторичными процессами. Ксеногенный материал представлен обломками осадочных пород, кристаллических сланцев, реже ультраосновных пород. Автолиты кимберлитов ранних фаз на отдельных участках составляют до 25 % объема породы. Цементом породы является карбонат-серпентиновый агрегат, содержащий мелкие выделения рудного минерала и довольно многочисленные псевдоморфозы по оливину второй генерации.

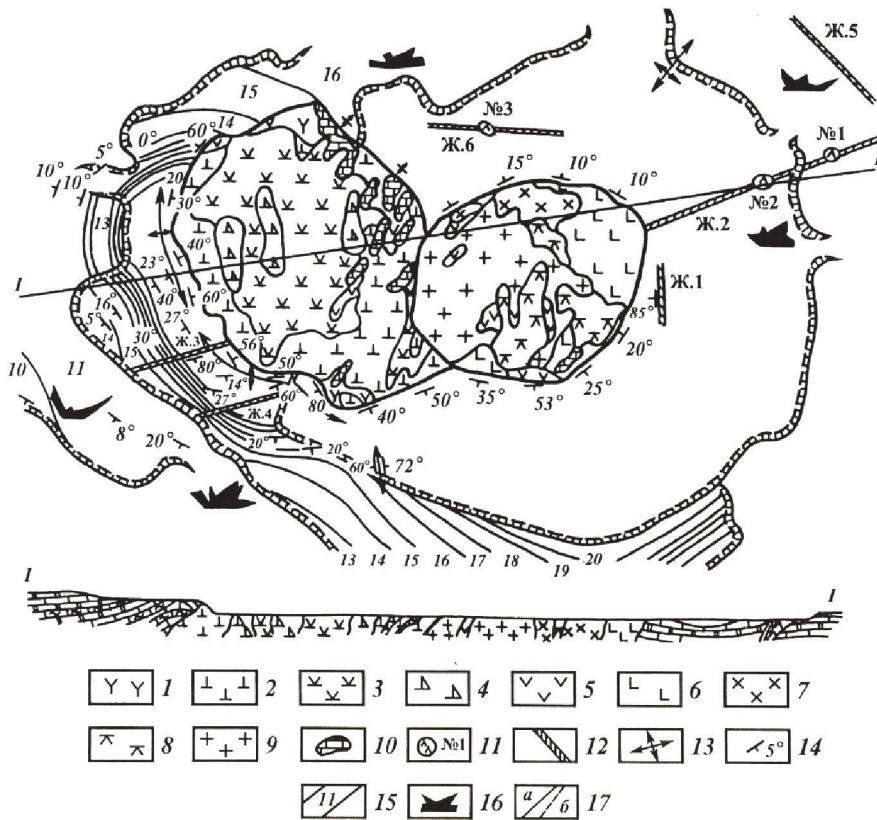


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и разрез верхней части трубки Удачная [9]:
 1–9 – кимберлиты разных технолого-петрографических типов западного (1–4) и восточного (5–9) тел; 10 – ксенолиты осадочных пород (так называемые плавающие рифы); 11 – “слепые” кимберлитовые тела; 12 – кимберлитовые дайки; 13 – оси складок и направление ундуляции шарнира; 14 – элементы залегания слоёв; 15 – слои вмещающих пород и их номера; 16 – диаграммы трещиноватости; 17 – границы пород: *a* – определённые, *b* – предполагаемые.

Восточное тело сложено КБ серого, зеленовато-, темно-серого цвета и кристаллокластической структуры. Главной составляющей являются псевдоморфозы по оливину, участками встречается свежий оливин. Пироп и пикроильменит относительно редки. Ксенолитов осадочных пород меньше, чем в западном теле, а глубинных пород, наоборот, больше. Содержание автолитов в разных участках КБ колеблется от 10–15 до 35–40 %. Основная масса породы состоит из тонкоагрегатной смеси серпентина и карбоната, есть довольно много мелких выделений магнетита, перовскита, меньше слюды и микролитов кальцита. Отдельные участки основной массы сложены бесцветным или слабо-буроватым изотропным серпентином.

В верхних горизонтах трубки Удачная встречаются ксенолиты вмещающих осадочных пород размером до нескольких десятков метров. Особенно много их в западном теле диатремы. Здесь у западного контакта трубки на глубине 20–25 м от поверхности вскрыли сильно минерализованный ксенолит карбонатной

породы, достигающий в поперечнике нескольких десятков метров. Очень крупный ксенолит обнаружили в западном теле на контакте с восточным на глубине 50–100 м от поверхности. Восточное тело содержит меньшее количество крупных ксенолитов вмещающих пород. Западное тело отличается от восточного не только средним содержанием ксенолитов, но и характером их распределения: в западном теле количество обломков осадочных пород возрастает от центра к периферии, а в восточном – наоборот. Однако наиболее высокое содержание ксенолитов осадочных пород в западном теле характерно для зоны на контакте с восточным.

Особенности распределения вторичных минералов кимберлитов трубки Удачная по вертикали мы изучали по керновому материалу (колонковые разведочные скважины). Обычно с глубиной минеральный состав кимберлитовых пород существенно изменяется, что хорошо видно в геологическом разрезе (рис. 2). Среди вторичных минералов кимберлитов различают [8] основные, слагающие кимберлитовую породу, и жильные, отложившиеся в пустотах в виде кристаллов и почти мономинеральных агрегатов. Между ними существует определённая взаимосвязь: основные минералы, равномерно распределённые в кимберлите, нередко могут выполнять и трещины. Это кальцит, серпентин (серпентинит), отчасти сульфиды и оксиды железа. Сугубо жильными являются целестин и барит. Остальные минералы (пироаурит, сепиолит, галит и др.), по нашему мнению, – это преимущественно жильные образования, хотя и они нередки в основной массе кимберлитов.

При изучении кимберлитовых пород всегда нужно учитывать, как на данном участке распределён тот или другой минерал – равномерно в породе или обособленно. Поэтому очень важно отбирать по возможности усреднённые пробы, которые бы объективно характеризовали породу конкретного участка в целом. Иначе вместо проб кимберлита (как породы) могут получиться пробы мономинеральных образований, которые могут быть минералами другого, в том числе некимберлитового состава.

Согласно приводимым в качестве примера разрезам (см. рис. 2), содержание основных породообразующих минералов (серпентин и кальцит) на различной глубине изменяется по-разному, четких закономерностей нет, причем заметнее варьирует содержание серпентина, что обусловлено разной степенью изменения оливина. Довольно неравномерно изменяется с глубиной и концентрация доломита. Флогопит есть практически во всех изученных пробах. Однако в верхних горизонтах его содержание уменьшается (см. рис. 2), что связано с преобразованием в гипергенных условиях флогопита в хлорит (они есть во всех изученных пробах из приповерхностных горизонтов).

Распределение флогопита и хлорита по латерали кимберлитов трубки Удачная мы изучали по площади трёх опорных горизонтов: 295 м над уровнем моря – выветрелые продукты, 250 м – образования зоны дезинтеграции, 190 м – слабо изменённые материнские породы. Наибольшие концентрации флогопита зафиксировано (рис. 3) в плотных породах, в дезинтегрированных его количество уменьшается, а в верхах разреза минерала практически нет. Для хлорита, который образуется в основном по флогопиту, характерна обратная тенденция – его больше всего в выветрелых породах (рис. 4).

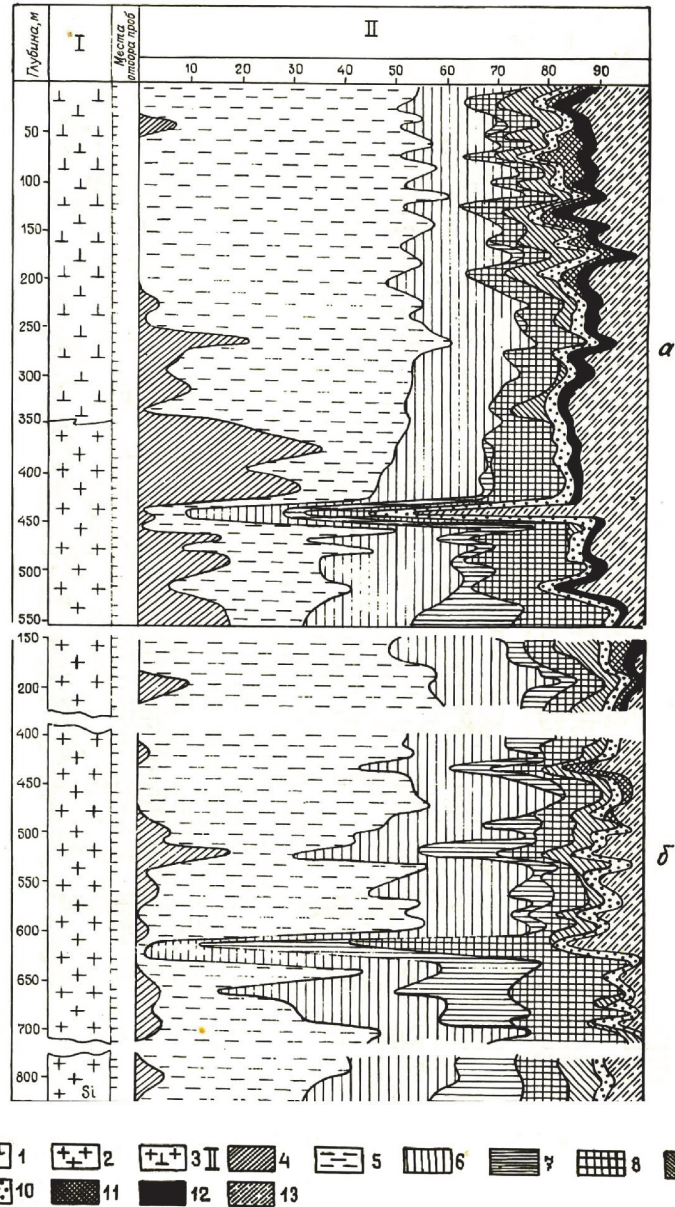
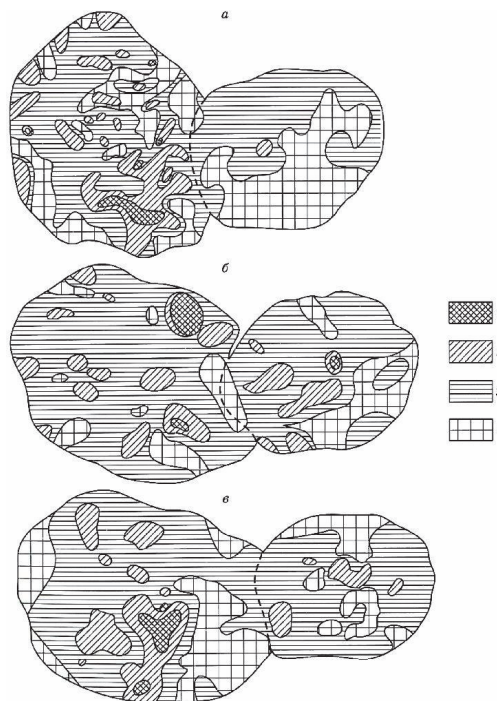


Рис. 2. Распределение преобладающих минералов в основной массе кимберлитовых пород трубки Удачная, вскрытых разведочными скважинами 225 (а) и 207 (б):

I – петрографические типы кимберлитов: 1 – порфировый кимберлит первого этапа внедрения; 2 – кимберлитовая брекчия второго этапа внедрения; 3 – кимберлитовая брекчия второго этапа внедрения с автолитами первого; *II* – минералы, мас. %: 4 – оливин; 5 – серпентин; 6 – кальцит; 7 – доломит; 8 – флогопит; 9 – хлорит; 10 – оксиды и гидроксиды железа; 11 – брусит; 12 – гипс + галит; 13 – прочие минералы.

Рис. 3. Распределение флогопита в кимберлитовых породах верхних горизонтов трубки Удачная: *a–в* – горизонты, метры над уровнем моря: *a* – 295, *б* – 250, *в* – 190; *1–4* – концентрация флогопита, %: *1* – >12, *2* – 8–12, *3* – 4–8, *4* – до 4.



Несколько иную картину распределения слюдястых минералов наблюдаем в породах открытых сравнительно недавно (1994–1996) диатрем Накынского поля Среднемархинского алмазонасного района. Кимберлитовые трубки Ботуобинская и Нюрбинская, а также тело Майское перекрыты 55–70-метровой осадочной толщей J_1 (укугутская, тюнгская и сунтарская свиты) и дезинтегрированными продуктами кор выветривания T_{2-3} . Диатремы прорывают алевритисто-глинисто-карбонатные отложения C_3-O_1 .

Кимберлитовая трубка Нюрбинская на уровне эрозионного среза имеет эллипсоидную форму (рис. 5). В вертикальном разрезе морфология трубки близка к диатреме с каналом цилиндрического типа. Морфология тела трубки нарушена вследствие внедрения мощной интрузии траппов субщелочного состава [5].

Кровлю интрузии подсекли несколькими скважинами в центральной и южной частях диатремы (296–332 м). Это секущее тело мощностью более 250 м, сложенное мелко- и среднезернистыми долеритами темно-серого до черного цвета; текстура пород массивная до такситовой, структура – офитовая до витрофировой (в приконтактных зонах). Внедрение интрузии в консолидированные кимберлитовые породы обусловило образование вдоль их границы зоны метасоматически измененных кимберлитов.

Непосредственно вдоль границы кимберлитов с кровельной частью интрузии в них обнаружены новообразованные гранат, пироксен и хлорит; эти кимберлиты имеют массивную текстуру и пятнистую окраску, очертания ксенолитов осадочных пород в них расплывчатые.

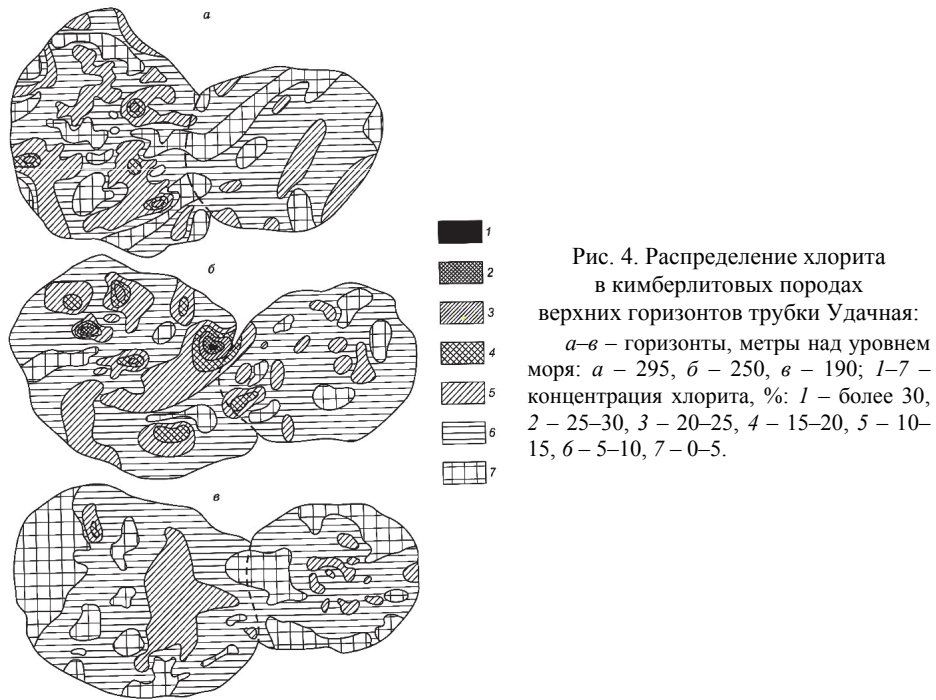


Рис. 4. Распределение хлорита в кимберлитовых породах верхних горизонтов трубки Удачная: *a-v* – горизонты, метры над уровнем моря: *a* – 295, *b* – 250, *v* – 190; 1–7 – концентрация хлорита, %: 1 – более 30, 2 – 25–30, 3 – 20–25, 4 – 15–20, 5 – 10–15, 6 – 5–10, 7 – 0–5.

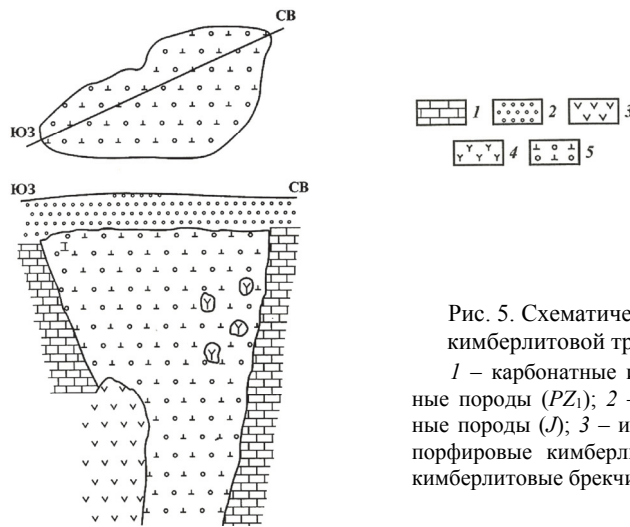


Рис. 5. Схематический план и разрез кимберлитовой трубки Нюрбинская: 1 – карбонатные и терригенно-карбонатные породы (PZ_1); 2 – терригенно-карбонатные породы (J); 3 – интрузия долеритов; 4 – порфировые кимберлиты; 5 – автолитовые кимберлитовые брекчии.

Трубка Нюрбинская сложена автолитовой кимберлитовой брекчией (АКБ), в которой различают мелко-среднеобломочные брекчии центральной части рудного тела и карбонатные кимберлитовые брекчии (ККБ) приконтактной зоны северо-восточного и юго-западного флангов. В зеленоватых или голубовато-серых мелко-среднепорфировых АКБ центральной части трубки постоянно встре-

чаются мелкие (до 20 мм) обломки вмещающих пород (5–20 %), ксенолиты метаморфических (до 10 %), кристаллических (до 10 %) и мантийных глубинных пород. Основная масса пород на отдельных участках полностью преобразована в крупно- и среднезернистый кальцитовый агрегат с пятнисто-прожилковой вкрапленностью сульфидов, переходящий в сплошную массу с занозистыми контурами. Кальцит подвержен коррозии и частичному замещению сульфидами. Вкрапленники оливина псевдоморфно замещены карбонатом, содержащим иногда мелкие зерна кварца или неправильной формы выделения серпентина. Неоднородное строение карбоната во вкрапленниках местами придаёт оливину зональный облик. Форма вкрапленников оливина преимущественно округло-овальная, реже – сглаженно-угловатая с элементами частичной кристаллографической огранки. Вкрапленники флогопита фиксируют по пластинчатому облику. Обычно они имеют слабые признаки деформаций и в большинстве случаев утратили свою первичную окраску. Однако нередко слюдистые выделения по плоскостям спайности имеют голубовато-зеленый или желтовато-коричневый цвет и отчетливый плеохроизм. В основной массе пород также встречаются трещиноватые зерна граната с зеленовато-серой келифитовой каймой из агрегатно-чешуйчатого слюдистого минерала (гидролюда), мощность которой редко превышает первые миллиметры.

Связующая масса пород обычно представлена серпентин-кальцит-гидролюдастым мезостазисом. Неравномерно распределённые микрофенокристаллы замещённого оливина отличаются колотой, неправильно-угловатой формой.

Вторичная минерализация выражена серпентинизацией, карбонатизацией и окварцеванием (гнезда кварца в обособлениях кристаллически-зернистого кальцита) пород.

В отдельных небольших блоках в АКБ в виде обломочного материала встречаются порфиновые кимберлиты – породы темно-серого цвета, иногда с зеленовато-голубоватым оттенком, массивной, реже полосчатой текстуры. В них низкое (до 5–6 %) содержание обломочного материала, представленного неравномерно распределёнными обломками терригенно-карбонатных и метаморфических пород. Реликтивно-порфировую структуру определяют по псевдоморфозам серпентина по оливину двух генераций; такие выделения сложены изотропным слюдоподобным серпентином, иногда в сочетании со светло-зеленым чешуйчато-листоватым хлоритом и кристаллически-зернистым кальцитом, который заполняет ядра псевдоморфоз или замещает их целиком. Среди продуктов замещения оливина есть также мелкораспыленные зерна рудных минералов. По периферии псевдоморфозы оконтурены каймой из светло-зеленых мелколистоватых хлорит-серпентиновых образований.

Форма вкрапленников преимущественно овальная, угловато-сглаженная, реже колотая. Во вкрапленниках оливина второй генерации иногда заметна кристаллографическая огранка. Вкрапленники флогопита пластинчатые, местами со следами оплавления, расщепления либо слабой деформации. Флогопит обычно гидратированный, редкие пластинки сохраняют первичную окраску либо содержат зонки зеленого цвета по направлениям спайности [4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17]. Флогопит первой генерации редок (первые проценты); выделения флогопи-

та второй генерации, распределённые в породе неравномерно, имеют слабую ориентировку.

Основная масса породы на отдельных участках частично преобразована в кристаллически-зернистый кальцитовый агрегат, среди которого встречаются гнёзда кварца. Иногда фиксируют обломки изменённого гранатсодержащего ультрабазита, в котором среди хлорит-кальцитового агрегата сохранились реликты зерен плагиоклаза. Связующая масса в таких случаях представляет собой тонкочешуйчатый хлорит-серпентиновый агрегат в сочетании с мелкозернистым карбонатом и тонкозернистыми рудными минералами.

В целом для описываемых диатрем характерны АКБ завершающей фазы кимберлитового магматизма, для которых типичен переменный состав ксеногенного материала, автолитовых обособлений и псевдоморфоз по оливины, обусловленных спецификой дифференциации кимберлитового расплава при становлении и формировании диатрем. Отмеченные неоднородности развития вторичной и гипергенной минерализации по скважинным разрезам трубки Нюрбинская связаны с обособленностью состава самих кимберлитов, их трещиноватостью и степенью их контаминации.

В северо-восточной части трубки, по сравнению с юго-западной, содержится большее количество обломков порфировых кимберлитов и автолитовых обособлений. Это позволяет предполагать здесь большее содержание алмазов и более широкий спектр их морфологических и физических характеристик.

Цемент кимберлитовых брекчий макроскопически имеет более четкую автолитовую текстуру. Автолиты, составляющие до 10 % объёма породы, представлены двумя морфологическими типами: первый – ядерные автолиты, размер которых определяется величиной заключённых в них вкрапленников и ксенолитов цемента; второй – крупные (до 10 см) концентрически-зональные шарообразные и неправильной формы обломки, тождественные порфиловому кимберлиту пород. Ядерные автолиты кимберлитов трубки Нюрбинская, обычно имеющие округлую или овальную форму, выделяются на фоне связующей массы более темным цветом и микропорфировой структурой, которая, в основном, обусловлена псевдоморфозами по оливины второй генерации размером до 0,1 мм.

Порфировые выделения в связующей массе представлены псевдоморфозами по оливины обеих генераций (соответственно, 23 и 17 %) и выделениями флогопита второй генерации. Связующая масса брекчий имеет тонкозернистое строение и серпентин-карбонатный состав. Неоднородность обусловлена существенными вариациями в породе соотношения серпентин/карбонат, а также неравномерным распределением чешуек в различной степени хлоритизированного флогопита и пылевидного рудного минерала (преобладает магнетит).

Особенности карбонатных КБ приконтактной зоны таковы:

- слабо проявленная автолитовая текстура и порфировая структура породы;
- наличие прослоев такситовых КБ (в основном в юго-западной части диатремы), в которых зафиксированы постепенные переходы от мелко-среднеобломочной КБ в мелкообломочную, мелкопорфировую аж до афировой брекчий;

- большее (до 15 %) содержание мелкообломочного материала вмещающих пород и закономерное увеличение его количества с глубиной (до 50 %);
- низкое (первые проценты) содержание выделений флогопита и спорадическое распространение гранатов;
- низкое содержание ксенолитов кристаллических пород;
- существенно карбонатный состав связующей массы с неравномерно распределённой в ней сульфидной вкрапленностью.

Выход минералов тяжелой фракции пород трубки Нюрбинская низкий. В ней резко доминируют гидроксиды железа (гётит, гидрогётит, гематит, глинисто-железистые агрегаты) и пирит. Среди первичных тяжелых минералов преобладают гранаты (красные, оранжевые, фиолетовые, лиловые и малиновые), хромшпинелид, пикроильменит, магнетит, хромит и хромдиопсид. В лёгкой и глинистой фракциях содержатся минералы, образованные в постмагматических, гидротермальных и гипергенных условиях (серпентин, слюда, хлорит, тальк и карбонаты), а также ксеногенные образования (полевые шпаты и др.).

Что касается химизма, то наибольшие вариации в изученных разрезах характерны для MgO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO и летучих компонентов, в то время как остальные компоненты содержатся в незначительном количестве и распределены практически равномерно по всему разрезу. Исключение составляет K₂O, содержание которого в породах практически каждого изученного разреза с глубиной постепенно увеличивается, что связано с возрастающей ролью слабо измененного флогопита и выносом из его структуры K⁺. Среди элементов-примесей наибольшие вариации характерны для Ni, Cr, Mn и Ba, в меньшей степени – Cu, Co и V.

В кимберлитах трубки Нюрбинская преобладают (иногда до 95 %) бесцветные, реже эпигенетически окрашенные в лилово-коричневые цвета алмазы разновидности I, по Ю. Орлову [16], которые имеют различную морфологию [1, 5, 6, 18, 22]. До 7 % составляют кристаллы с оболочкой разновидности IV (желто-зеленые, реже серые) [9]; встречаются поликристаллические сростки разновидности VIII (до 2 %), кубы разновидности III (0,1 %) и кристаллы разновидности IX (0,1 %). Все кристаллы разновидностей III и IX обнаружены в классах более I мм.

Среди алмазов разновидности I резко преобладают кристаллы октаэдрического (25–31 %) и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому (до 22 %) габитуса. Значительную часть алмазов месторождения (в среднем до 23 %) составляют бесформенные осколки без признаков кристаллографической огранки, преимущественно с протемагматическими сколами. Обнаружено связь кристалломорфологических особенностей алмазов месторождения с их крупностью [5, 9]. В частности, с уменьшением крупности в классе –1+0,5 мм примерно в два раза увеличивается содержание ламинарных ромбододекаэдров, а также типичных округлых алмазов и бесформенных осколков. Среди октаэдров и переходных форм преобладают кристаллы с полицентрически растущими гранями и со сноповидной и занозистой штриховкой (в сумме – 36 %). Содержание плоскогранных октаэдров мирнинского типа не превышает 2 % и обычно повышает-

ся с увеличением крупности кристаллов. Алмазы этой группы представляют наиболее высококачественную категорию алмазного сырья.

Содержание типичных округлых алмазов, наличие которых является неблагоприятным критерием алмазности [5], низкое – 1,2 %, причем сконцентрированы они обычно в классах < 2 мм. В основном это додекаэдриды с шагренью и полосами пластической деформации (0,3 %), а также индивиды со спонгиозной штриховкой (0,4 %). Общее количество двойников и сростков в среднем не превышает 10 %.

Суммарное содержание кристаллов с признаками природного травления значительное – в среднем 33 % от общего количества алмазов. Среди таких признаков резко преобладают шрамы (до 19 %) и обратнопараллельные треугольные впадины (до 8), отмечаются полосы пластической деформации (до 4) и коррозии (до 2 %). Значительное количество шрамов в виде “распилов” обусловило формирование множества протоматических обломков и сколов во время транспортировки алмазов в процессе внедрения кимберлитовой магмы.

Трубка Ботубинская – это сложное двоякое кимберлитовое тело (рис. 6), юго-западная часть которого представлена дайкообразным телом северо-восточного простирания, а северо-восточная имеет форму типичной трубки. В верхней части диатремы сохранились породы кратерных фаций, известные в ряде диатрем СП [18, 20, 22, 23]. Наличие кратерной фации свидетельствует о полном строении трубки и слабой эродированности отдельных её частей.

Трубка сложена кимберлитами двух фаз. Ранняя фаза представлена порфировым кимберлитом (ПК), которым сложена дайковая часть трубки на глубине, а на поверхность он практически не выходит. Породы зафиксированы лишь на крайнем юго-западном фланге дайкового тела, причём слагают они лишь незначительную его часть. В виде обломков размером до 1,5 м в отдельных блоках (до 15 м в поперечнике) их вскрыли скважинами среди АКБ и туфобрекчий северо-восточной части трубки. Макроскопически это плотные зеленовато-серые породы с характерной крупнопорфировой структурой основной массы, которая сложена псевдоморфозами серпентина, хлорита и кальцита по оливину первой (до 17 %) и второй (до 27 %) генераций, редкими зёрнами гранатов и хромшпинелидов, сцементированными карбонат-серпентиновым агрегатом. Изредка встречаются ксенолиты осадочных, метаморфических и мантийных пород.

Поздняя фаза кимберлитов трубки представлена взрывными кимберлитовыми брекчиями. Они слагают центральную часть канала в пределах северо-восточного тела трубки и верхнюю часть дайкового тела, резко вклиниваясь при этом в юго-восточном направлении. Породы имеют серовато-зеленый до голубовато-серого цвет, состоят из псевдоморфоз кальцита и серпентина по оливину (до 45 %), автолитов (до 10), ксенолитов осадочных (до 20), метаморфических (до 5) и мантийных (0,5 %) пород, есть видимые выделения зерен пирропа, альмандина, хромшпинелида и флогопита. Порфиновые выделения основной массы представлены псевдоморфозами кальцита и серпентина по оливину. Псевдоморфозы по оливину первой генерации имеют угловато-округлую форму и размер до 2 см, а по оливину второй генерации содержатся в подчиненном количестве, и размер их всегда менее 1 мм. В верхних горизонтах диатремы псевдоморфозы сложены кальцитом, изотропным серпентином и глинистыми образованиями, а с

глубиной доля кальцита уменьшается, и оливин практически полностью замещен анизотропным серпентином или пироауритом. Порфировые выделения флогопита составляют до 4 % объёма основной массы, а в верхних горизонтах он нацело замещён хлоритом. Связующая масса брекчий имеет тонкозернистое строение и хлорит-серпентин-карбонатный состав.

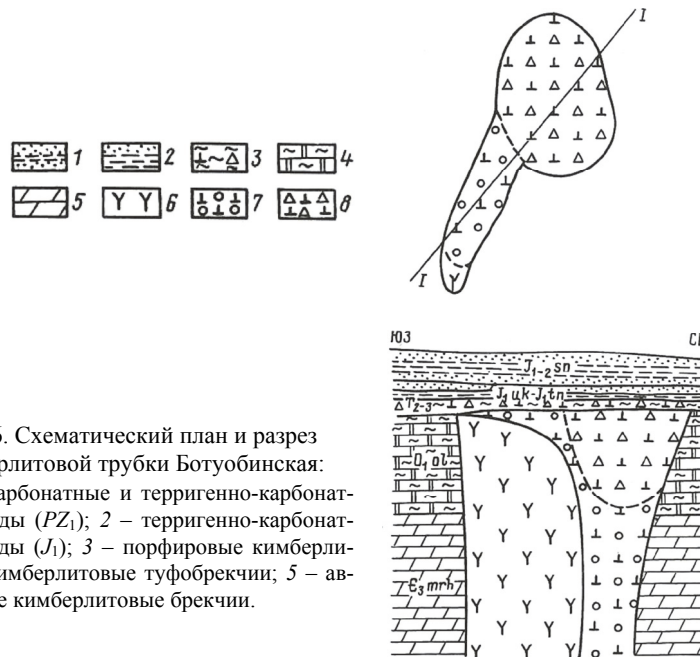


Рис. 6. Схематический план и разрез кимберлитовой трубки Ботубинская:

1 – карбонатные и терригенно-карбонатные породы (PZ_1); 2 – терригенно-карбонатные породы (J_1); 3 – порфировые кимберлиты; 4 – кимберлитовые туфобрекчии; 5 – автолитовые кимберлитовые брекчии.

Кимберлитовые туфобрекчии верхних горизонтов кратера в северо-восточной части диатремы представляют собой породы начальной фазы эксплозивной стадии формирования трубки. Их материнской породой являются подстилающие АКБ, которые содержат до 90 % ксенолитов. Макроскопически это породы зеленовато- или буровато-серого цвета, зачастую слабо сцементированные, трещиноватые, в различной степени изменённые. В цементе, кроме кимберлитового материала, есть значительная примесь глинистой и терригенной составляющих дезинтегрированных вмещающих диатремы пород. В верхах трубки залегает остаточная кора выветривания (КВ) [8, 23] мощностью кое-где до 20 м. Главными породообразующими минералами этой части разреза являются кварц, каолинит и монтмориллонит-гидролюдастые смешаннослоистые образования. Вниз по разрезу породы в различной степени трещиноваты, но менее переработаны химически; в них зафиксировано серпентин, кальцит, доломит и хлорит.

По химическому составу КВ северо-восточной части диатремы отличаются от пород дайкового комплекса пониженным содержанием SiO_2 , TiO_2 , суммарного железа, P_2O_5 и повышенным – CaO и K_2O . Породам кратерной постройки в целом присущи повышенные концентрации CaO и Al_2O_3 . Повышенное содержание SiO_2 в гипергенно изменённых кимберлитах обусловлено процессами их оквар-

цевания, Al_2O_3 – образованием тонкодисперсных глинистых минералов, $FeO_{общ}$ – интенсивной гипергенной сидеритизацией пород. Низкие концентрации в этих частях CaO и MgO вызваны процессом замещения кальцита и доломита сидеритом. В целом для пород трубки характерны низкая титанистость, высокая калиево-ность и примерно одинаковое соотношение $CaO:MgO$.

Трубка Ботуобинская принадлежит к кимберлитовым телам со средним содержанием индикаторных глубинных минералов [3, 23]. Для тяжелой фракции изученных проб характерна хромшпинелид-гранатовая ассоциация первичных минералов, причём меньше всего этих минералов в кимберлитовых туфобрежках. Значительно больше их в АКБ, а ПК занимают промежуточное положение. В коре выветривания кимберлитов зафиксировано относительное возрастание содержания глубинных минералов в более крупных гранулометрических классах. Количество зерен граната с келифитовой оболочкой резко уменьшается в выветрелых кимберлитах. Кроме пиропов из различных включений ультраосновных пород, в диатреме есть гранаты алмандинового состава из эклогитоподобных и метаморфических пород фундамента, что является характерной чертой кимберлитов Накынского кимберлитового поля. Среди гранатов алмазоносных и потенциально алмазоносных парагенезисов преобладает пироп-альмандин из магнезиально-железистых эклогитов. Среди хромшпинелидов доминируют высокохромистые разности из ультраосновных парагенезисов алмазной фации глубинности; их количество коррелирует с алмазоносностью кимберлитовых тел [15, 18, 22, 23]. Подобные хромшпинелиды встречаются в алмазоносных перидотитах, гарцбургитах, а также во включениях в алмазе и сростках с ним.

По комплексу типоморфных особенностей и гранулометрических характеристик алмазы трубки Ботуобинская не имеют аналогов среди алмазов известных диатрем СП [1, 6, 9, 23]. Во всех гранулометрических классах резко преобладают бесцветные кристаллы октаэдрического и переходного к ромбододекаэдрическому габитуса; характерно низкое содержание двойников и сростков, кристаллов с включениями и окрашенных камней разновидности I, а также поликристаллических сростков разновидности VIII. Как и в Нюрбинской трубке, в кимберлитах Ботуобинской высоко содержание алмазов с оболочкой разновидности IV. Оболочка имеет желтовато-зеленый цвет. Характерно низкое содержание ламинарных ромбододекаэдров, а типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа нет. В значительном количестве есть псевдоромбододекаэдры мархинского типа, кристаллы псевдокубического габитуса разновидности I и молочно-белые кубоиды разновидности IV, что свидетельствует, во-первых, о более широком спектре различных генетических разновидностей алмазов трубки Ботуобинская по сравнению со всеми известными коренными месторождениями СП и, во-вторых, – о более высокой доле в ней кристаллов эклогитового генезиса. Алмазы диатремы фотолюминесцируют преимущественно в розово-сиреневых тонах, реже – сине-голубых и зеленых. Количество твердых включений (доминируют графит-сульфидные фазы) в алмазах пониженное.

Морфологические особенности и низкая степень растворения алмазов свидетельствуют о низком окислительном потенциале среды при формировании трубки Ботуобинская. На пневматолитово-гидротермальной стадии кимберлитового магматизма окислительный потенциал значительно повысился, что привело к

широкому проявленню скульптур травлення на поверхності алмазов (шрами, коррозія і матировка). Наявність алмазов з зеленими плямами пігментації являється доказательством підвищеної радіоактивності кимберлитових порід в окремих блоках месторождения. Частично це може бути пов'язано і з впливом на кимберлитові мінерали гіпергенних процесів.

На основі результатів комплексного вивчення кимберлитів СП можна виділити алмазоносні породи декількох типів щелочності. Від центра платформи до півночі зменшується роль алмазоносних кимберлитів. В межах кимберлитових полів північної частини СП щелочні породи представлені магматическими пікритами, а ультраосновні – кимберлитами низьких рівнів продуктивності, що свідчить про розташування областей формування расплавів цих порід поза зони стійкості алмаза. Відмінно від цього, кимберлити Малоботуобинського, Среднемархинського і Далдино-Алакитського районів формувалися в діапазоні всієї області стійкості алмаза.

Дослідженнями порід кимберлитових діатрем Накїнського поля, збагачених слюдяними утвореннями, доведено, що в верхніх їх горизонтах домінують АКБ. Порфірові кимберлити зустрічаються фрагментарно в вигляді обломочного матеріалу, що пов'язано з більш раннім їх виведенням. Кимберлитові брекчії містять вкрапленники і зв'язуючу матрицю змінного складу, що відбивається на кольоровій гаммі порід і їх фізико-механічних властивостях. Ксеноліти в кимберлитах Накїнського поля представлені переважно обломками вмещаючої терригенно-карбонатної товщі, рідше відзначаються обломки метаморфічних і мантийних порід. Розподіл ксенолітів в діатремах нерівномірний: максимальна їх кількість приурочена до приконтатних частин труб, незначально збільшується з глибиною.

Для порід Накїнського поля характерно низьке вміст мінералів важкої фракції, серед яких домінують гранати і аутигенні пірит і гідроксиди заліза, менше магнетиту, пікроільменіта, хроміта і хромдіоксида.

За хімізмом ці кимберлити одного петрохімічного типу, а варіації концентрацій петрогенних оксидів пов'язані з різною інтенсивністю протікання постмагматических і гіпергенних процесів на різній глибині. В більшості вивчених розрізів декілька збільшується вміст K_2O на глибших горизонтах, що обумовлено зниженням ступеня хлоритизації флогопіта в цих частинах діатрем. Відношення кимберлитів щелочного і ультраосновного складу закономірно змінюється від трубки до трубки і в цілому добре узгоджується з відомим барическим трендом. Розподіл кимберлитів різної щелочності в діатремах (за розрізами вивчених скважин) має такі особливості [3]:

- відносно потужні зони порід одного типу щелочності;
- нерідко переслаивання порід різної щелочності;
- стійка приуроченість зон лампрофірового складу до центральних частин зон сублампрофірового складу;
- приуроченість найбільших концентрацій K_2O до центральних частин зон лампрофірового складу;
- в ряду власне лампрофірових зон центральні їх частини збагачені K_2O .

Анализ полученных данных даёт основания считать лампрофировый состав дифференциатом сублампрофиров, а ультраосновной, слюдистый и сублампрофировый типы щёлочности имеют самостоятельное значение. Поэтому наиболее эффективной оценкой щёлочности ассоциаций кимберлитов отдельной трубки будет не среднее содержание K_2O , а соотношение ультраосновных и всех щелочных типов кимберлитов. Это соотношение можно обозначить как коэффициент слюдистости K_c [3]. Увеличение значения K_c , по сравнению с линией регрессии для трубки Удачная, во многом отражает действие щелочного фактора. Примечательно также, что содержание TiO_2 в ультраосновных, слюдистых и лампрофировых типах кимберлитов изученных трубок значимо не различаются ($P = 95\%$), что свидетельствует о ничтожно малом влиянии этого оксида на их популяционную характеристику. Такой эффект может быть следствием изменения состава части тех участков мантии, из которых выплавлялись кимберлитовые породы диатремы. Возможно также, что этот эффект обусловлен дифференциацией по щёлочности кимберлитовых расплавов в промежуточных очагах.

В пределах кимберлитовых полей щелочные породы представлены некимберлитовыми видами щелочных пикритов, а ультраосновные типы – продуктивными кимберлитами низких уровней продуктивности. Это свидетельствует о том, что области образования расплавов данных пород находились вне главной зоны области устойчивости алмаза. Кимберлиты центральных районов СП (Малоботубинского, Далдыно-Алакитского и Среднемархинского) формировались в диапазоне всей области устойчивости алмаза, поэтому особенности состава таких ультраосновных пород являются функцией глубины их образования. Такой признак кимберлитов, как щёлочность, возник вследствие действия двух факторов – глубинности и наличия в составе магмогенерирующего субстрата явлений дифференциации вещества. Зафиксированные неоднородности в геохимическом поле [1] обусловлены степенью вторичного изменения пород, а также спецификой формирования и становления трубки. В постмагматическую и гипергенную стадии произошло существенное изменение кимберлитов с широким (до 90 %) развитием минералов-новообразований, среди которых преобладают серпентин, карбонаты, флогопит и продукт его изменения хлорит. Вторичные минералы существенно влияют на изменение физико-механических свойств кимберлитов, что отражается на устойчивости качественно-количественных параметров алмазного сырья. Корреляционным анализом распределения вторичных минералов и потенциальной алмазности кимберлитов зафиксировано обратную зависимость между содержанием слюды, кварца и доломита и концентрацией полезного компонента на изученных месторождениях.

Характерная особенность алмазов из кимберлитов Накынского поля – доминирование прозрачных или полупрозрачных индивидов октаэдрического габитуса и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому разновидности I при заметном содержании алмазов с оболочкой разновидности IV. Преобладают однородные кристаллы с розово-сиреневым свечением (ФЛ) и двухзональным внутренним строением. В кристаллах алмаза зафиксировано связь между их кристалломорфологией и количеством примеси азота: наиболее обогащены ею плоскогранные октаэдры, что обуславливает их хрупкость и сравнительно лёгкое растрескивание на осколки различной формы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В. П. Поисковая минералогия алмаза / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. – Новосибирск : Гео, 2010. – 650 с.
2. Благулькина В. А. Петрохимические типы кимберлитов Сибири / В. А. Благулькина // Советская геология. – 1969. – № 7. – С. 60–70.
3. Василенко В. Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск : Наука, 1997. – 568 с.
4. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 282 с.
5. Геология, вещественный состав и алмазность кимберлитов Накынского поля Якутии (на примере трубки Нюрбинская) / Н. Н. Зинчук, С. Г. Алябьев, В. И. Банзерук [и др.] // Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 807–824.
6. Закономерности изменения мантийных минералов в коре выветривания кимберлитов / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, В. Н. Соколов // Минерогения зоны гипергенеза. – М. : Наука, 1980. – С. 45–54.
7. Зинчук Н. Н. Особенности состава и распределения слюдястых образований в кимберлитовых породах Якутии / Н. Н. Зинчук // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 1991. – № 7. – С. 58–66.
8. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
9. Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
10. Зинчук Н. Н. Вторичные минералы основной массы кимберлитов Якутии / Н. Н. Зинчук, Л. В. Лисковая // Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 824–847.
11. Зинчук Н. Н. Использование вторичных минералов кимберлитов при поисках алмазов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, В. П. Афанасьев // Геохимия и рудообразование. – 1980. – № 8. – С. 78–87.
12. Калиевый трахит Далдынского кимберлитового поля (Якутия) / К. Н. Егоров, Б. М. Владимиров, В. В. Заборовский и [др.] // Проблемы кимберлитового магматизма. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 170–177.
13. Лисковая Л. В. Реальная структура флогопитов I–III генераций из кимберлитов Якутии / Л. В. Лисковая // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 23–27.
14. Маршинцев В. К. Вертикальная неоднородность кимберлитовых тел Якутии / В. К. Маршинцев. – Новосибирск : Наука, 1986. – 239 с.
15. Милашев В. А. Кимберлиты и глубинная геология / В. А. Милашев. – Л. : Недра, 1990. – 167 с.
16. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза / Ю. Л. Орлов. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
17. Особенности слоистых силикатов из кимберлитов и вмещающих их пород в зонах активного воздействия траппового магматизма (на примере Якутии) /

- Н. Н. Зінчук, С. В. Соболева, Д. Д. Котельников [и др.] // Докл. АН СССР. – 1989. – Т. 305, № 5. – С. 1199–1202.
18. Особенности флогопита мантийного происхождения / С. В. Соболева, А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1979. – Ч. 108, вып. 6. – С. 678–685.
 19. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / [А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов и др.]. – М. : Недра, 1964. – 190 с.
 20. Савко А. Д. Эпохи мощного корообразования и кимберлитового магматизма в истории Земли / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев, Н. Н. Зинчук. – Воронеж : ВГУ, 1999. – 102 с.
 21. Слюдяный кимберлит из трубки Удачная-Восточная / К. Н. Егоров, В. П. Корнилова, А. Ф. Сафронов, Н. Д. Филиппов // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 291, № 1. – С. 199–202.
 22. Соболев Н. В. Кимберлиты, лампроиты и проблема состава верхней мантии / Н. В. Соболев, А. Д. Харьков, Н. П. Похиленко // Геология и геофизика. – 1986. – № 7. – С. 18–27.
 23. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 556 с.

*Стаття: надійшла до редакції 04.01.2016
прийнята до друку 02.11.2016*

ОСОБЛИВОСТІ СЛЮДЯНИХ КІМБЕРЛІТІВ

М. Зінчук

*Західноякутський науковий центр Академії наук РС(Я),
вул. Леніна, 4/1, 678170 м. Мирний, РФ
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

На підставі виконаних досліджень та узагальнення наявного матеріалу доведено, що в напрямі від центральної частини Сибірської платформи до її північних територій значення алмазоносних кимберлітів меншає. У північній частині платформи домінують лужні пікрити, а в центральних алмазоносних районах кимберліти формувались у діапазоні всієї області стійкості алмаза. У деяких алмазоносних районах Сибірської платформи (а їх понад 30) є кимберліти, збагачені слюдами; яскравим представником є породи діатрем Накінського поля (Ботубінська, Нюрбинська і тіло Майське). Кимберліти трубок цього поля належать до одного петрохімічного типу, а виявлені варіації концентрації петрогенних оксидів пов'язані з різною інтенсивністю перебігу післямагматичних і гіпергенних процесів на різній глибині діатрем. У процесі становлення діатрем відбувається суттєва зміна кимберлітів з широким розвитком серпентину, карбонатів, флогопіту й продукту його зміни – хлориту. Кореляційний аналіз розподілу новоутворених мінералів та потенційної алмазоносності кимберлітів засвідчив обернену залежність між вмістом слюди, кварцу, доломіту і концентрацією корисного компонента. Характерною особливістю вивчених слюдяних кимберлітів є переважання прозорих

або напівпрозорих алмазів октедричного й перехідного до ромбододекаедричного габітусу різновиду I за помітного вмісту кристалів з оболонкою різновиду IV.

Ключові слова: алмаз, слюди, вторинні мінерали, кімберліти, лужність, діатрема, післямагматичні процеси, гіпергенні процеси, Накинське кімберлітове поле, Сибірська платформа.

FEATURES OF MICACEOUS KIMBERLITES

N. Zinchuk

*West-Yakut Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences,
4/1, Lenin St., 678170 Mirnyi, Russia
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Diamond-bearing rocks of several types of alkalinity have been distinguished based on the results of a comprehensive study of the Siberian platform kimberlites. The role of diamondiferous kimberlites decreases from the centre of the platform to its Northern part, where alkaline magmatic rocks are represented by picrites, and ultrabasic – by kimberlites of low productivity. This indicates the location of areas of formation of these rocks melts outside the zone of diamond stability. In contrast, kimberlites of Malobotuobinskiy, Srednemarhinskiy and Daldyno-Alakitsliy regions were formed in the range of the whole zone of diamond stability.

We thoroughly researched micaceous rocks of kimberlitic diatremes of Nakynskoe field in Srednemarhinskiy diamondiferous region (kimberlitic pipes Botuobinskaya and Nyurbinskaya, and the body Maiskoe). In the upper horizons of diatremes, autolithic kimberlitic breccias dominate. Porphyry kimberlites have been found in fragments in the form of clastic material, which is connected with their earlier injection. Xenoliths in kimberlites are mainly represented by fragments of the host terrigenous-carbonate strata, rarely, fragments of metamorphic and mantle rocks. The distribution of xenoliths is irregular: their maximum quantity is confined to near-contact parts of pipes, and with depth it increases slightly. The content of heavy fraction minerals in the rocks is low; among them garnets, authigenic pyrite and iron hydroxides dominate, in smaller amounts there are magnetite, microilmenite, chromite and chrome-diopside.

Kimberlites of Nakynskoe field in chemistry belong to one petrochemical type. The ratio of kimberlites of alkaline and ultrabasic composition naturally changes from one pipe to another and generally is consistent with the known pressure trend. The following features in the distribution of different alkalinity kimberlites in the diatremes have been discovered: (1) a relatively thick zones of the alkalinity same type rocks; (2) frequent interstratifications of rocks of different alkalinity; (3) a stable confinement of lamprophyre composition zones to the central parts of zones of sublamprophyre composition; (4) confinement of the highest K_2O -concentrations to the central parts of lamprophyre zones; (5) in separate lamprophyre zones, the central parts are enriched in K_2O .

Analysis of obtained data gives grounds to consider lamprophyric composition as the differentiate of sublamprophyres; ultramafic, micaceous and sublamprophyric types of alkalinity have independent significance. Therefore, the most effective assessment of the alkalinity of kimberlites associations in single pipe is not the average content of K_2O , but the ratio of ultrabasic and all alkaline types of kimberlites.

Correlation analysis of newly formed minerals distribution and the potential diamond-bearingness of kimberlites have shown an inverse relationship between the content of mica, quartz, dolomite and the concentration of the useful component.

A characteristic feature of the studied micaceous kimberlites is the predominance of transparent or semi-transparent diamonds of octahedral habit and transitional from octahedral to rhombododecahedral one (type I) with a marked content of crystals with outer shell (type IV).

Key words: diamond, mica, secondary minerals, kimberlites, alkalinity, diatreme, postmagmatic processes, hypogene processes, Nakynskoe kimberlitic field, Siberian platform.