

золота, цветных металлов и пр.), сегодня не существует реальной возможности их изготовления. Использование в практике лабораторных работ стандартных образцов фазового состава и свойств минералов предприятий не решает проблемы в целом и нередко приводит к недостоверным результатам минералогических анализов. Это связано с тем, что такие стандартные образцы могут быть применены только к конкретному объекту, конкретному методу и в конкретной организации.

В прошлом году была проведена аттестация СОФС корунда (порошок корунда синтетический), используемого в качестве внутреннего стандарта при количественном фазовом анализе полиминеральных материалов. В аттестации приняло участие 11 организаций. В настоящее время отраслевой стандартный образец фазового состава корунда СОФС 51/17, ОСО 176/17 внесен в отраслевой реестр стандартных образцов.

Одной из эффективных форм внешнего контроля являются межлабораторные сравнительные испытания (МСИ), широко используемые в практике аналитических работ, позволяющие оценить достоверность результатов, полученных в каждой отдельной лаборатории, и демонстрирующие наглядное представление о реальной точности методик измерений в целом. Целью проведения межлабораторных сравнительных испытаний является подтверждение технической компетентности испытательных лабораторий путем оценки точности (качества) результатов. Впервые в мировой практике ФГБУ «ВИМС», являющийся провайдером проверок квалификации лабораторий, начал проводить МСИ по минералогическому анализу [2]. В настоящее время успешно проведены межлабораторные сравнительные испытания по рентгенографическому и оптико-петрографическому анализам, в которых приняли участие более двадцати организаций различной ведомственной принадлежности. Рентгенографическим количественным фазовым анализом определялась массовая доля минералов в искусственных смесях, имеющих в составе кварц, кальцит, каолинит, пирит, топаз, флюорит, кварц, гематит. Определяемыми характеристиками МСИ «Магматические горные породы» являлись содержание главных минералов, текстура и структура горной породы.

Сегодня в стране отмечается резкий дефицит квалифицированных кадров. Многие вузы закрыли специальность «минералогия» или сократили выпуск специалистов. Нередко минералогические исследования проводят специалисты смежных специальностей: физики, химики, обогатители, металлурги, почвоведы и др., не имеющие базового образования, что влияет на качество результатов изучения минеральных объектов и, особенно, на их интерпретацию. Известны организации, в которых один минералог проводит весь комплекс исследований, начиная от подготовки проб (изготовление оптических препаратов, классифицирование, фракционирование материала по плотности и магнитным свойствам и т.д.), оптической микроскопии до рентгенографического, а иногда и электронно-

микроскопического анализов. Отсутствие квалифицированных лаборантов-минералогов привело к тому, что практически не осуществляется отбор мономинеральных фракций.

Несмотря на обозначенные проблемы как объективные, обусловленные природными особенностями полезных ископаемых, так и субъективные, прикладные минералогические исследования сегодня полностью ориентированы на комплексное использование минерального сырья. В рамках технологической минералогии основными задачами являются: прогноз качества руды на ранних стадиях геологоразведочных работ и технологических показателей при переделе сырья, интерактивный контроль этих показателей методами минералогического анализа; оценка экологических последствий добычи и переработки полезных ископаемых и прогнозирование мероприятий, устраняющих эти последствия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихникевич, Е.Г. Влияние минерального состава пироксид-крандаллитовых руд на технологические показатели их переработки / Е.Г. Лихникевич, Е.Г. Ожогина, Ю.М. Астахова, А.С. Фатов // Золото и технологии. — 2016. — № 4 (34). — С. 68–71.
2. Астахова, Ю.М. Минералогические особенности пироксид-крандаллитовых руд Томторского рудного поля / Ю.М. Астахова, А.А. Быстрова, И.Г. Быстров и др. // Результаты междисциплинарных исследований в технологической минералогии. Сб. статей XI Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2017. — С. 59–61.
3. Ожогин, Д.О. Необходимость и возможность создания стандартных образцов фазового состава и свойств минералов / Д.О. Ожогин, Е.Г. Ожогина // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 1. — С. 57–59.
4. Ожогина, Е.Г. Межлабораторные сравнительные испытания в минералогических работах / Е.Г. Ожогина, М.И. Лебедева, Е.А. Горбатова // Стандартные образцы. — 2017. — Т. 13. — № 2–3. — С. 37–47.

© Ожогина Е.Г., 2018

Ожогина Елена Германовна // vims-ozhogina@mail.ru

УДК 553.81:552.323.6

Зинчук Н.Н. (Западно-Якутский научный центр Академии наук, Республика Саха (Якутия))

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И РАЗРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВ

Проведены исследования геолого-технологических особенностей кимберлитов Сибирской платформы, которые следует учитывать при постановке прогнозно-поисковых работ на алмазы в каждом конкретном регионе. В зависимости от геолого-геофизической и геоморфологической обстановки залегания кимберлитовых диатрем определяются особенности их прогнозирования, поисков и дальнейшей технологической отработки. Важным критерием для поисков кимберлитовых тел в различных геолого-тектонических условиях является знание вещественного состава как искомым диатрем, так и вмещающих и перекрывающих их осадочных и магматических образований. Особое внимание при технологической отработке коренных диатрем следует уделять типоморф-

ным особенностям как первичных, так и новообразованных в диатремах минералов. **Ключевые слова:** геология, кимберлиты, трубки, Сибирская платформа, алмазоносный район, типоморфизм минералов.

Zinchuk N.N. (West-Yakutian Scientific Centre of Republic Sakha (Yakutia))

GEOLOGICAL STRUCTURE AND PETROGRAPHY OF KIMBERLITE PIPES

*Carried out investigations of geological structure and material composition of the Siberian platform kimberlites indicated complexity and diversity of geologic-tectonic and paleogeographical situations, which should be considered when performing forecast-prospecting works on diamonds in each specific region. Depending on geologic-geophysical and geomorphological situation of kimberlite diatremes' occurrence specific features of their forecasting and prospecting are determined. Knowledge of material composition of both sought-for diatremes and hosting and overlapping them sedimentary and magmatic formations is an important criterion for prospecting of kimberlite bodies in various geologic-tectonic conditions. Special attention should be paid to typomorphic specific features of both initial and newly formed minerals in diatremes. **Keywords:** geology, kimberlites, pipes, Siberian platform, diatremiferous region, typomorphism of minerals.*

Особенности локализации коренных месторождений алмазов в пределах отдельных алмазоносных зон можно рассмотреть на примере Сибирской платформы (СП) и особенно ее северной части — Якутской кимберлитовой провинции (ЯКП), протягивающейся с юга на север на 1500 км и с запада на восток на 1000 км. На севере и востоке границами алмазоносной провинции служат Лено-Анабарский (ЛАП) и Ангаро-Вилуйский (АВП) прогибы, а на юго-востоке — Ангаро-Вилуйский прогиб и Вилуйская синеклиза. На западе граница проходит по восточному борту Тунгусской синеклизы (ТС). В пределах ЯКП на площади свыше 800 тыс. км² открыто более 1000 кимберлитовых трубок и дайкоподобных тел, распределенных неравномерно и сгруппированных в более чем 25 кимберлитовых полей, которые, в свою очередь, объединяются в 9 алмазоносных районов. По особенностям геолого-тектонического положения отдельных групп кимберлитовых пород, их минералого-петрографических характеристик, возрасту, петрохимии, геохимии, кристалло-морфологических особенностей алмазов и алмазоносности, отдельные исследователи [6, 10–12] разделяют ЯКП на две субпровинции: Вилуйскую и Анабаро-Оленекскую. Северная граница субпровинции совпадает с северным ограничением Верхнемунского алмазоносного района (ВМАР). Территория *Вилуйской субпровинции* СП вытянута с юга на север на 800 км. В составе этой субпровинции выделены четыре алмазоносных района: Малоботуобинский (МБАР), Далдыно-Алакитский (ДААР), ВМАР и Среднемархинский (СМАР), в которых обособляются шесть кимберлитовых полей, три из которых (Далдынское, Ала-

кит-Мархинское и Моркокинское) находятся в ДААР. Анабаро-Оленекская кимберлитовая субпровинция охватывает большую территорию северной части ЯКП, располагающуюся в бассейне рр. Оленек и Анабар. В пределах этой субпровинции выделяются 5 алмазоносных районов: Среднеоленекский, Нижнеоленекский, Приленский, Анабарский (или Куонапский) и Котуй-Меймечинский. Таксоном, соподчиненным «кимберлитовой субпровинции», принято считать «кимберлито-контролирующую (или минерагеническую) зону», выделение которой в качестве самостоятельной таксономической единицы основано на линейно-дискретном пространственном расположении полей глубинных магматитов. В зависимости от геолого-геофизических особенностей залегания кимберлитовых диатрем во многом зависят особенности их прогнозирования, поисков и дальнейшей технологической обработки. Это проиллюстрировано на примере основных районов ЯАП СП, которые можно разделить на следующие типы площадей, где расположены кимберлитовые трубки: а) полностью перекрыты верхнепалеозойскими отложениями или траппами; б) частично перекрыты верхнепалеозойскими отложениями или траппами; в) полностью перекрыты мезозойскими отложениями; г) интродуцированы траппами без существенного перемещения отторгнутых блоков; д) интродуцированы траппами с отторжением и перемещением блоков кимберлитов; е) представляют протрузии кимберлитовых тел в верхнепалеозойские отложения и траппы; ж) сохранили в верхних частях кратерные фации; з) характеризуются взрывчатой камерой закрытого типа; и) покрыты маломощными элювиальными и делювиальными образованиями.

Кимберлитовые трубки, полностью перекрытые верхнепалеозойскими отложениями и траппами, составляют около 40 % диатрем, открытых в Алакит-Мархинском поле (АМКП). Практически все (за исключением трубки Лиры) кимберлитовые трубки этого поля, перекрытые более молодыми отложениями, были зафиксированы с помощью площадного бурения по сети различной плотности и проводимого при этом шлихо-минералогического опробования захороняющих эти тела отложений. Сравнительно низкая эффективность применяющихся при поисках здесь геофизических и геохимических методов поисков обусловлена отсутствием надежных прогнозно-поисковых критериев, а также сложностью расшифровки геофизических полей на площадях развития пород трапповой формации. Поэтому в таких сложных геолого-структурных ситуациях основным методом поисков алмазных месторождений является шлихо-минералогический. Нередко поверхности кимберлитовых трубок на таких участках перекрываются верхнепалеозойскими терригенными (а иногда и туфогенными) отложениями, в различной степени интродуцированными силами траппов. Иногда непосредственно на поверхности кимберлитовых тел и вмещающих пород залегают интрузии траппов [2, 10]. Мощность захороняющих трубки верхнепалеозойских отложений в ДААР колеблется

от первых до 130 м. От 5 до 100 м на этой территории меняется и мощность интрузирующих кимберлитовые трубки трапповых образований. Отмечены также значительные (до 100 м и более) мощности трапповых интрузий, непосредственно бронирующих поверхности кимберлитовых тел. Северней (уже в ДААР) наиболее характерны следующие взаимоотношения кимберлитовых трубок с полностью перекрытыми верхнепалеозойскими отложениями и траппами: а) траппы в виде маломощных силлов (иногда апофиз от них) интрузируют верхние горизонты перекрывающих трубки отложений, будучи приуроченными к краевым частям диатрем (трубки Восток, Байтахская и др.); б) в перекрывающих трубки породах траппы располагаются на двух уровнях: верхний силл в виде мощного (до 70 м) траппового тела бронирует с поверхности осадочные породы верхнего палеозоя, а нижний (сравнительно маломощный) — внедряется по контакту этих пород с кимберлитовыми вмещающими отложениями нижнего палеозоя или интрузирует верхнюю часть кимберлитовых тел (трубки Краснопресненская, Подтрапповая и др.); в) трапповые интрузии, бронирующие отложения пермо-карбона, которые приближаясь к кимберлитовым трубкам, существенно изменяют свою мощность, расщепляются на серию мелких апофиз, создавая над поверхностью погребенных тел своеобразные «окна» (трубки Юбилейная, Кыллахская и др.); г) трапповый силл внедряется по границе между верхне- и нижнепалеозойскими отложениями (трубка Алакская и др.), при этом в краевой части диатремы силлом отслаиваются и перемещаются в горизонтальном направлении блоки кимберлитов вместе с вмещающими их карбонатными и терригенно-карбонатными породами; д) силлы траппов, внедряясь в отложения нижнего палеозоя, налегают на палеоповерхность кимберлитовых тел, уничтожая при этом следы размыва последних и ограничивая тем самым возможность применения шлихо-минералогического метода для поисков алмазных месторождений. Разработка такого типа месторождений может проводиться как открытым (карьерами), так и подземным (шахтами) способами.

На практике отмечается несколько характерных типов отторжений кимберлитовых тел силами долеритов, в которых имеет место нарушение их целостности путем перемещения блоков кимберлитов от первоначального залегания до нескольких сотен метров [6]. Типичным модельным объектом ким-

берлитов, перекрытых терригенными отложениями верхнего палеозоя и частично траппами, можно считать трубку Восток, где суммарная мощность перекрывающих диатрему отложений составляет в среднем 33 м. Учитывая, что по петрофизическим свойствам кимберлитовые породы значительно уступают вмещающим терригенно-карбонатным породам нижнего палеозоя, такая положительная форма поверхности диатремы имеет большое прогнозно-поисковое значение [12]. Подобные формы поверхности диатрем встречаются и в других трубках ДААР (Сытыканская, Победа и др.). Сложена трубка Восток двумя генетическими разновидностями кимберлитовых пород — резко доминирующей автолитовой кимберлитовой брекчией (АКБ) и порфирированным кимберлитом (ПК). В верхней части диатремы установлена кора выветривания (КВ) кимберлитов мощностью 15–20 м. С использованием индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) в подобной поисковой обстановке была открыта в 1955 г. *трубка Сытыканская* (рис. 1). Первоначально предполагалось, что эта трубка представляет собой незначительное по размерам и выходящее на дневную поверхность тело, расположенное непосредственно у самого уступа траппового плато. Однако в процессе дальнейших поисково-оценочных работ было установлено,

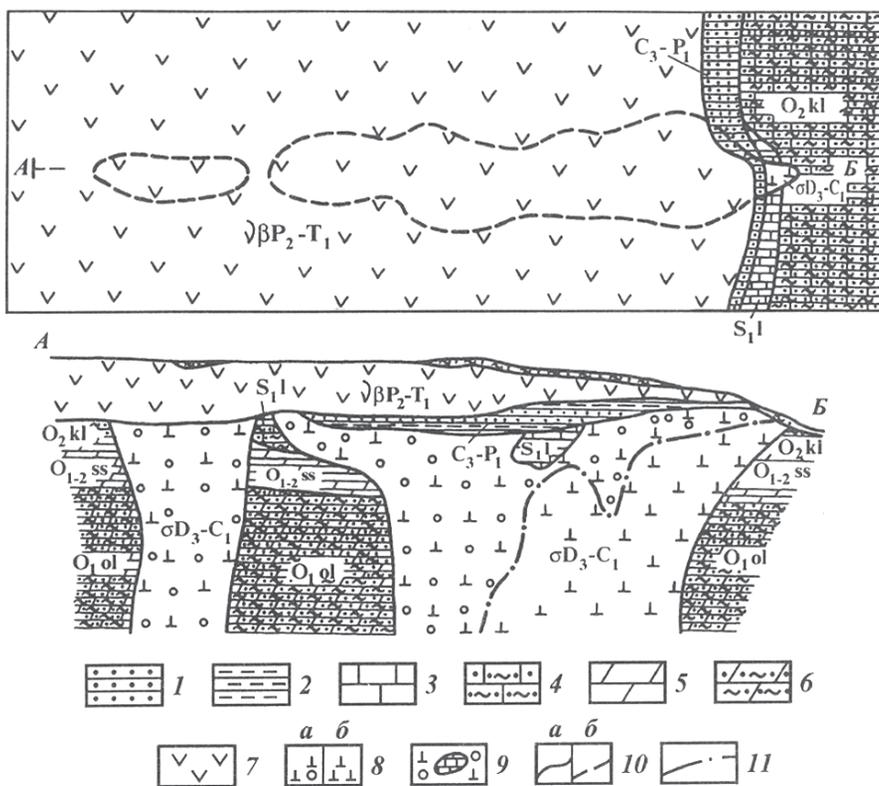


Рис. 1. Схематический план и продольный разрез кимберлитовой трубки Сытыканская: 1–6 — вмещающие и перекрывающие осадочные породы палеозоя: 1 — песчаники мелко- и среднезернистые, 2 — алевролиты, 3 — известняки, 4 — пестроцветные глинистые известняки и мергели, 5 — доломитовые известняки, известковистые песчаники, 6 — доломиты глинистые, известняки песчанистые; 7 — перекрывающие долериты; 8 — кимберлиты: а — автолитовая брекчия, б — брекчия с массивной текстурой цемента; 9 — ксенолиты вмещающих пород («плавающие рифы»); 10 — контуры трубки на плане: а — на дневной поверхности, б — под перекрывающими породами; 11 — граница между кимберлитами разных фаз внедрения

что большая часть трубки перекрыта терригенными породами пермского возраста, бронированными мощной интрузией траппов. После этого в ДААР начались систематические поиски погребенных кимберлитовых трубок, в том числе и на площадях развития пород трапповой формации. Трубка Сытыканская состоит из двух самостоятельных тел — северо-восточного (основного) и юго-западного. По форме и условиям залегания диатрема представляет сдвоенное тело, сильно втянутое с юго-запада на северо-восток. Расстояние по поверхности между обоими телами составляет 30 м, существенно увеличиваясь с глубиной. Некоторые исследователи предполагают, что до эрозии верхние части кимберлитовых тел соприкасались друг с другом. Северо-восточное тело в плане характеризуется неправильной четковидной формой с пережимами и выступами. В разрезе — это крутопадающее тело с закономерным сужением на глубину. Юго-западное тело диатремы имеет форму вытянутого эллипса. По размерам оно значительно уступает северо-восточному. С поверхности юго-западное тело и преобладающая часть северо-восточного перекрыты терригенными отложениями пермо-карбонного возраста, залегающими на размытой поверхности самих тел, и мощным трапповым силлом, представляющим собой краевую часть огромного траппового плато [1, 12]. Лишь небольшой участок (площадью первые проценты трубки) был выведен эрозией на дневную поверхность и перекрыт маломощными элювиально-делювиальными осадками. Мощности перекрывающих трубку терригенных пермо-каменноугольных пород озерно-болотной фации колеблется от 9 до 16 м. Выше этих отложений над большей частью трубки залегают долериты. В юго-западной части диатремы, где терригенные отложения выклиниваются, эти магматические трапповые образования лежат непосредственно на поверхности кимберлитов и вмещающих их терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. Мощность траппов непосредственно в районе трубки Сытыканская варьирует от 5 (на северо-восточном фланге) до 87 м (на юго-западе и в центральной части). За контуром трубки она резко возрастает, достигая в отдельных участках 125 м. Оба тела трубки Сытыканская сложены типичной кимберлитовой брекчией, в которой большинство исследователей выделяют три разновидности [1–4]. Северо-восточное тело представлено породами двух фаз внедрения, образующими два самостоятельных рудных столба — центральный и северо-восточный, сочленяющихся между собой через переходную зону [5]. Юго-западное тело имеет относительно простое строение и сложено породами одной фазы внедрения. В пределах основного тела трубки различаются кимберлитовые брекчии с массивной текстурой цемента первой фазы внедрения и АКБ второй — завершающей фазы. Непосредственно под толщей перекрывающих трубку терригенно-карбонатных отложений пермо-карбона отмечается кимберлитовая брекчия, участками сильно выветрелая, представляющая собой типичную остаточную КВ.

Кимберлитовые трубки, полностью перекрытые мезозойскими отложениями, установлены в МБАР и Среднемархинском алмазоносных районах (СМАР) СП, хотя возраст самих кимберлитов датируется большинством исследователей этих территорий как средне-позднепалеозойский. В МБАР к ним отнесены трубки Интернациональная, им. XIII съезда КПСС и Дачная, открытые с помощью применяемого в ЯКП комплекса геолого-геофизических методов. Эти диатремы имеют небольшие размеры, но характеризуются высоким качеством алмазов, большая часть которых относится к ювелирным. *Трубка Интернациональная*, расположенная в 16 км к юго-западу от трубки Мир на правом берегу р. Ирелях (в верхнем течении ее правых притоков Маччоба-Салаа и Улаах-Юрях), тяготеет к Западному региональному разлому [1]. Она внедрилась в осевую зону Кюэляхского разлома и сопровождается системой даек, ориентированных в северо-восточном, северо-западном и почти меридиональном направлениях [4–6]. На поверхности трубка имеет форму неправильного овала, вытянутого на северо-запад. В результате разведки диатремы до 955 м установлено [12], что в среднепалеозойское и мезозойское время около 470 м верхней части диатремы было уничтожено в результате длительной эрозии, поэтому от раструба сохранилась только его нижняя 120-и метровая часть. Далее на глубину остатки раструба переходят в цилиндрический канал с почти вертикальными каналами. До разведанной глубины размеры трубки существенно не уменьшаются и продуктивность руд остается стабильной [12]. Диатрема прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика и кембрия, перекрываясь нижнеюрскими отложениями мощностью от 2,1 до 9,2 м. В верхней части трубки Интернациональная залегают слоистые породы с чередованием прослоев мелко- и крупнопорфирового кимберлита. Относящаяся к этому же геолого-поисковому типу *кимберлитовая трубка имени XXIII съезда КПСС* (рис. 2) расположена в 14 км к юго-западу от трубки Мир и приурочена к Западному региональному разлому. Она полностью перекрыта 12–20-метровой толщей нижнеюрских терригенных отложений, в которых выделены две пачки: нижняя, отнесенная к укугутской свите, и верхняя — к домерскому ярусу [12]. На поверхности трубка имеет размер 120 x 80 м. Форма ее овальная, длинная ось ориентирована в северо-западном направлении. В верхней части трубка имеет крутопадающие контакты, которые уже на глубине 100 м заметно выполаживаются, принимая дайкообразную форму на глубине 150 м. Рельеф трубки под осадками нижней юры неровный. В южной части наблюдается отчетливо выраженная возвышенность с превышением кимберлитов на 10–12 м над поверхностью вмещающих пород нижнего палеозоя. Перекрывающие трубку породы слагают своеобразную антиклинальную складку. Прорывает диатрема горизонтально залегающие терригенно-карбонатные отложения нижнего ордовика и кембрия. В северо-восточной части трубки под нижнеюрскими отложе-

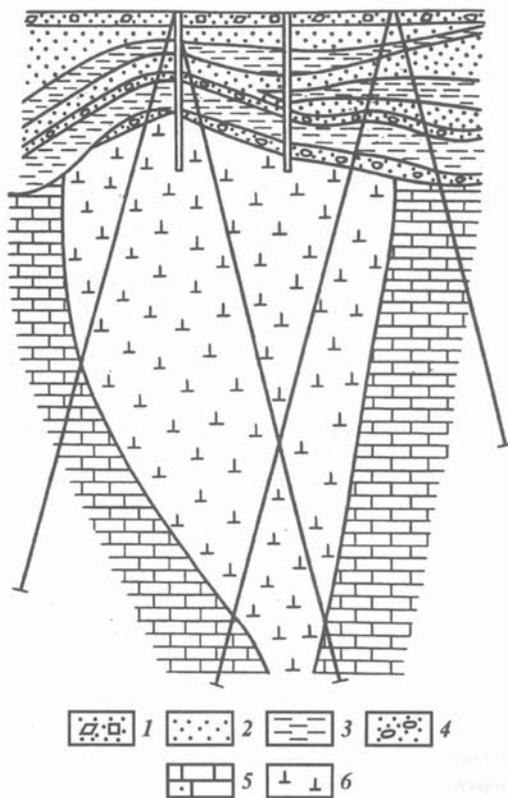


Рис. 2. Разрез кимберлитовой трубки им. XXIII съезда КПСС: 1 — делювиальный слой; 2–4 — отложения нижней юры: 2 — песчаники, 3 — алевриты, 4 — конгломераты; 5 — карбонатные породы устькутского яруса нижнего ордовика; 6 — кимберлиты

ниями сохранилась древняя КВ кимберлитов мощностью 8–12 м, в глинистой части которой преобладает монтмориллонит с примесью каолинита, гидрослюда, хлорита и серпентина [3–5]. Из первичных минералов в выветрелом кимберлите встречены пироп, пикроильменит и хромит. Алмазоносность кимберлитов трубки исключительно высокая, причем в пределах плотного кимберлита она распределена относительно равномерно. В то же время содержание алмазов в КВ кимберлитов более, чем в 6 раз выше по сравнению с плотной породой. Среди алмазов рассматриваемой диатремы преобладают октаэдры (более 75 %) [5, 9]; более 6 % составляют ромбододекаэдры и около 20 % кристаллов комбинационные формы. Редко встречаются кубические кристаллы. Подавляющее большинство зерен алмазов в плотных кимберлитах трубки относятся к бесцветным разностям, в то время как в КВ этих же пород преобладают кристаллы, окрашенные в цвет морской волны, что может быть связано с постмагматическими изменениями минерала. Недалеко от описанной диатремы находится *кимберлитовая трубка Дачная*, приуроченная к Параллельному разлому. Она перекрыта нижнеюрскими осадочными толщами мощностью 15–21 м. Рельеф под перекрывающими диатрему нижнеюрскими отложениями неровный, с превышением до 6 м. Размеры трубки на поверхности 120 × 100 м. Форма ее близка к овалу, длинная ось которого ориентирована в северо-запад-

ном направлении. На глубине 105 м от поверхности площадь горизонтального сечения трубки уменьшается примерно в два раза. Самая верхняя часть представлена сильно измененной породой КВ, практически лишенной первичной материнской структуры. К этому же геолого-поисковому типу относятся диатремы *Накынского кимберлитового поля*, открытого в пределах СМАР, охватывающего территорию среднего течения р. Марха и верхнего течения р. Тюкян (левого притока р. Вилуй). Геолого-структурные особенности этого района определяются его приуроченностью к зоне сочленения кратонной и депрессионно-деструктивной областей центральной части СП [10]. Основными структурами кратонной области, в пределах которой открыты кимберлитовые трубки Ботубинская, Нюрбинская и тело Майское являются: на севере — южная оконечность Анабаро-Оленекской антеклизы, на северо-западе — Сюгджерская седловина и на юго-востоке — северная часть Вилуйской синеклизы. В качестве таксона этого поля рассматривается тектонический блок (20 × 30 км), разделенный в свою очередь разломами на два примерно одинаковых по площади блока. Последние ограничены относительно крупными зонами ортогональных разломов, которые хорошо выделяются по результатам интерпретации магнитного и гравитационного наземных полей, а также по аэромагнитным данным. Разломы имеют северо-восточное и северо-западное простирание. Первые из них являются более протяженными и прямолинейными, вторые — часто прерывистыми, в плане — дуго- и кулисообразными. *Трубка Ботубинская* расположена в истоках руч. Дяхтар-Юрэгэ (левого притока р. Марха), в поле сплошного развития раннеюрских осадочных толщ (мощностью до 80 м) и относится к числу полностью погребенных кимберлитовых тел [12]. Диатрема является сложным сдвоенным кимберлитовым телом, южная часть которого представляет собой дайкообразное образование северо-восточного простирания, а северо-восточная — имеет форму овала. К этой же геолого-поисковой обстановке относится *кимберлитовая трубка Нюрбинская*, расположенная в Накыском кимберлитовом поле в верховье руч. Дюлюнг-Оту (правый приток р. Накын), в 3,3 км к северо-востоку от трубки Ботубинская и приурочена к осевой линии Дяхтарского разлома. Трубка прорывает алевритисто-глинисто-карбонатные верхне-кембрийские и нижнеордовикские отложения и перекрывается чехлом терригенных ниже-среднеюрских отложений (укугутская, тюнгская и сунтарская свиты) и дезинтегрированными продуктами КВ (T_{2-3}) общей мощностью 55–60 м. Погребенная поверхность трубки неровная с небольшой выпуклостью вдоль юго-западного борта и чашеобразным углублением в центральной части. Для одного из таких участков трубки Нюрбинская установлен сложный структурно-тектонический план, т.к. на глубине 124,0–126,5 м в пределах юго-западного фланга выявлено жильное тело кимберлитов [12]. Вблизи юго-западного и восточного бортов вскрыты карстовые полости, заполненные делювиаль-

но-оползневыми образованиями (мощностью до 20–42 м) и обогащенные продуктами КВ кимберлитов. Технологическая разработка такого рода месторождений также может проводиться карьерным (на начальных этапах) и шахтным (особенно глубокие горизонты) способами.

В ДААР ЯАП открыт ряд *кимберлитовых трубок, интродуцированных траппами без существенного перемещения отторгнутых блоков*. Примером таких модельных поисковых объектов являются кимберлитовые трубки Комсомольская (рис. 3), Ленинградская, Сытыканская, Краснопресненская и др. Хорошим и показательным модельным объектом такого поискового типа можно считать *трубку Краснопресненская*, открытую в верховье р. Алакит и приуроченную к юго-западному флангу центральной рудоконтролирующей зоны, вмещающей более трети всех известных диатрем в Алакит-Мархинском поле [12]. С поверхности трубка пол-

ностью перекрыта терригенно-карбонатными толщами пермо-карбона, туфогенными отложениями триаса и интродуцированными породами трапповой формации мощностью в среднем до 78 м. В плане под перекрывающими отложениями трубка имеет форму овала. В разрезе она представляет собой асимметричное воронкообразное тело с четко выраженным раструбом в верхней части. Характерным структурным элементом одного из участков трубки Краснопресненская является установленное здесь компенсационное погружение над- и околотрубочного субстрата, связанное с воздействием на породы осадочного чехла гидротермальных растворов и обусловившее формирование обширной мульды проседания, которое можно считать надежным поисковым признаком на погребенные кимберлиты. Погребенная поверхность трубки неровная, с чашеобразным углублением в центральной части, заполненным кратерными отложениями. Существенную роль в формировании рельефа поверхности трубки сыграли внедрившиеся в позднепермское-раннетриасовое время секущие тела траппов, интродуцировавшие не только перекрывающие породы, но и саму трубку. В составе слагающих последнюю пород выделяются две основные разновидности кимберлитов: туфогенные образования и автолитовые кимберлитовые брекчии, различающиеся по генезису, составу и алмазности. Порфириновые кимберлиты встречаются в виде отдельных блоков. В верхней части трубки развиты породы кратерной фации. *Кимберлитовые трубки, интродуцированные траппами с отторжением и перемещением блоков кимберлитов*, установлены в АМКП ЯКП. Здесь перемещение блоков осадочных пород нижнего и верхнего палеозоя отмечены как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Дальность таких перемещений зависит от морфологии трапповых тел и их мощности. Иногда по вертикали она сопоставима с полной мощностью силлов (до 180 м), а по горизонтали может составлять несколько сотен метров. Для материнских кимберлитовых пород, отчлененных и механически отторгнутых от трубок, обычно применяется термин «кимберлитовый отторженец» [3, 11]. В пределах АМКП установлены три крупных отторженца, материнскими породами для которых являются трубки Подтрапповая, Юбилейная и Алакитская. Блоки отторгнутых кимберлитов представляют пластообразные тела, размеры которых обусловлены разной мощностью внедрившихся трапповых силлов, определившие и разный характер смещения отторгнутых тел.

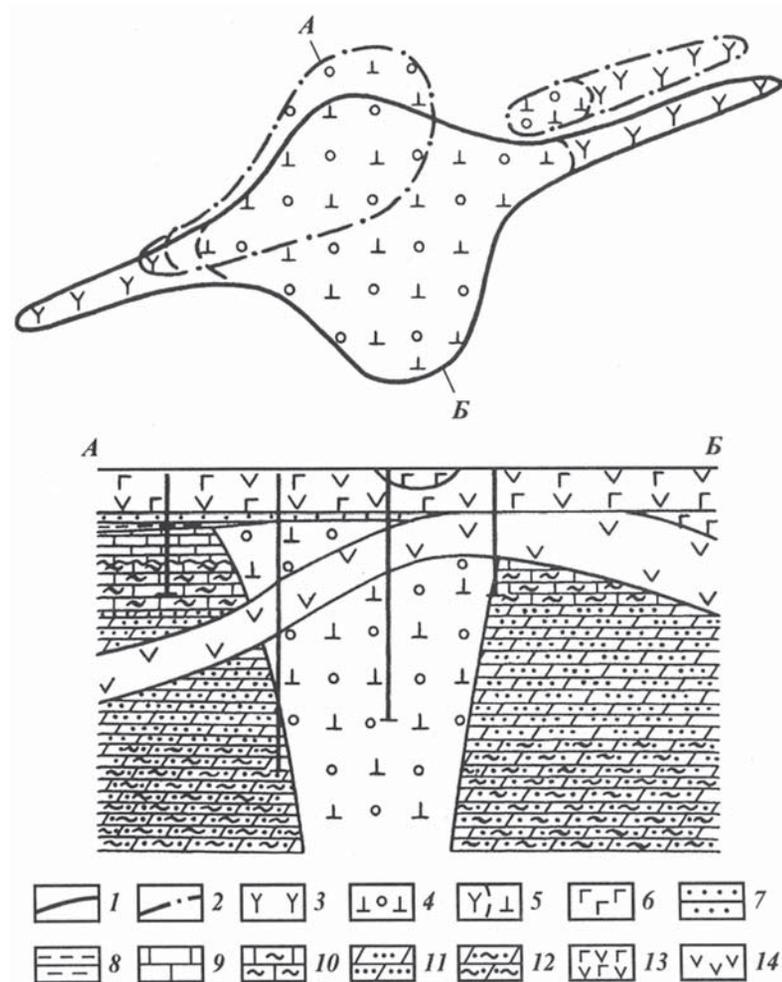


Рис. 3. План и разрез кимберлитовой трубки Комсомольская: 1 — контур рудного тела под перекрывающими породами; 2 — контуры отторгнутых блоков трубки; 3 — порфириновые кимберлиты первой фазы внедрения; 4 — автолитовые кимберлитовые брекчии второй фазы внедрения; 5 — границы между разновидностями кимберлитов; 6 — долеритовые туфы пермо-триаса; 7–8 — песчаники (7) и алевролиты (8) пермо-карбона; 9 — известняки нижнего силура; 10–12 — известняки глинистые (10), доломиты песчаные (11) и песчано-глинистые (12) среднего и нижнего ордовика; 13 — базальты эффузивной фации нижнего триаса; 14 — долериты интрузивной фации пермо-триаса

ность перекрыта терригенно-карбонатными толщами пермо-карбона, туфогенными отложениями триаса и интродуцированными породами трапповой формации мощностью в среднем до 78 м. В плане под перекрывающими отложениями трубка имеет форму овала. В разрезе она представляет собой асимметричное воронкообразное тело с четко выраженным раструбом в верхней части. Характерным структурным элементом одного из участков трубки Краснопресненская является установленное здесь компенсационное погружение над- и околотрубочного субстрата, связанное с воздействием на породы осадочного чехла гидротермальных растворов и обусловившее формирование обширной мульды проседания, которое можно считать надежным поисковым признаком на погребенные кимберлиты. Погребенная поверхность трубки неровная, с чашеобразным углублением в центральной части, заполненным кратерными отложениями. Существенную роль в формировании рельефа поверхности трубки сыграли внедрившиеся в позднепермское-раннетриасовое время секущие тела траппов, интродуцировавшие не только перекрывающие породы, но и саму трубку. В составе слагающих последнюю пород выделяются две основные разновидности кимберлитов: туфогенные образования и автолитовые кимберлитовые брекчии, различающиеся по генезису, составу и алмазности. Порфириновые кимберлиты встречаются в виде отдельных блоков. В верхней части трубки развиты породы кратерной фации. *Кимберлитовые трубки, интродуцированные траппами с отторжением и перемещением блоков кимберлитов*, установлены в АМКП ЯКП. Здесь перемещение блоков осадочных пород нижнего и верхнего палеозоя отмечены как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Дальность таких перемещений зависит от морфологии трапповых тел и их мощности. Иногда по вертикали она сопоставима с полной мощностью силлов (до 180 м), а по горизонтали может составлять несколько сотен метров. Для материнских кимберлитовых пород, отчлененных и механически отторгнутых от трубок, обычно применяется термин «кимберлитовый отторженец» [3, 11]. В пределах АМКП установлены три крупных отторженца, материнскими породами для которых являются трубки Подтрапповая, Юбилейная и Алакитская. Блоки отторгнутых кимберлитов представляют пластообразные тела, размеры которых обусловлены разной мощностью внедрившихся трапповых силлов, определившие и разный характер смещения отторгнутых тел.

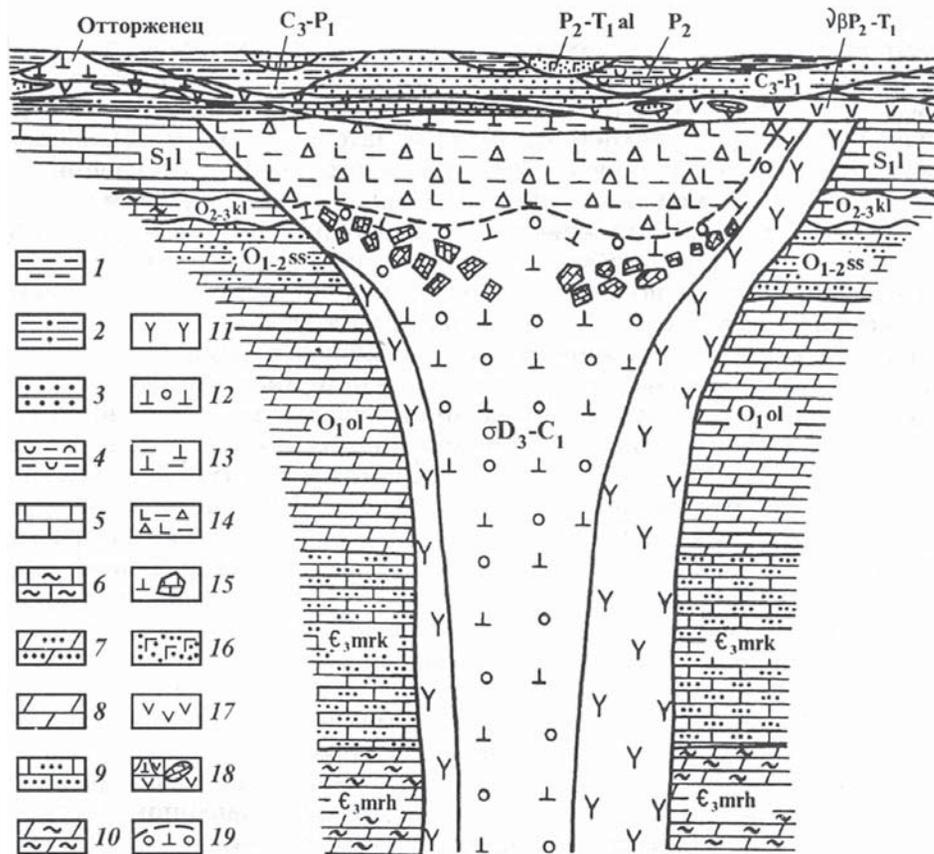
Протрузии кимберлитовых тел в верхнепалеозойские породы и траппы отмечены в некоторых алмазоносных районах ЯКП (трубки

Москвичка, Восток, Сытыканская и др.). Примером «диапиризма» в перекрывающие их терригенно-осадочные породы может служить трубка Москвичка в АМКП. Открыта трубка в 1956 г. по ИМК (пироп и пикроильменит) при прослеживании их ореола на поверхности траппового плато. Установлено, что между двумя жесткими массивами (кимберлитовым телом и силлом долеритов) зажата пачка осадочных каменноугольно-пермских пород, слои которых располагаются вертикально по отношению к современной поверхности [8–9]. Вблизи контакта и непосредственно на самом контакте верхнепалеозойские отложения сильно разрушены и ожелезнены, а местами даже рассланцованы. Мощность этой зоны колеблется от 0,5 до 2,0 м. В целом кимберлиты трубки Москвичка «проткнули» маломощную толщу верхнепалеозойских отложений с интродуировавшим ее трапповым силлом. На территории алмазоносных районов СП открыты также кимберлитовые трубки с сохранившимися *кратерными фациями*, яркими представителями которых являются трубки Юбилейная, Краснопресненская, Айхал и др. Так, *трубка Юбилейная* (рис. 4) прорывает толщу нижнепалеозойских субгоризонтально залегающих пород осадочного чехла кембрия, нижнего и среднего ордовика и нижнего силура. Она полностью перекрывается эффузивно-терригенными образованиями верхнего палеозоя — нижнего мезозоя, интродуированными межпластовыми телами долеритов [1]. Мощность перекрывающих трубку отложений составляет в среднем 66 м, в том числе трапповых интрузий —

от 0,5 до 33,9 м. Погребенная поверхность огромной (59 га) трубки неровная, относительное превышение северной ее части над южной 44–48 м. Породы кратерной фации трубки Юбилейная представлены двумя толщами: верхней — осадочно-вулканогенной и нижней — туфогенной. В пределах верхних горизонтов чашеобразного расширения кратерной части преимущественное развитие имеют субгоризонтально залегающие осадочно-вулканогенные слабо литифицированные породы, слагающие почти полностью приповерхностную часть центрального рудного столба (до 85 % площади трубки). Мощность их колеблется от нескольких метров в краевых участках «чаши» до 150 м в ее центральной части. Верхние кратерные части таких месторождений складываются в сохранные отвалы, затем идет разработка трубки открытым карьерным способом, переходящая впоследствии в шахтную добычу руды.

Кимберлитовые трубки с взрывной камерой закрытого типа обнаружены в ДААР СП (трубки Одинцова, Рот-Фронт, Якутская, обособленные мелкие тела около трубки Удачная и др.). Такого типа диатремы не имеют обычного открытого подводящего канала, достигавшего соответствующей палеоповерхности, а поэтому представляют «полузакрытые» геологические образования. Так, кимберлитовая трубка Одинцова по форме приближается к дайкообразному телу, что связано с сопряженностью ее с ослабленной тектонической зоной, существовавшей при внедрении кимберлитовой магмы. Диатрема приурочена к западному

Рис. 4. Геологический разрез кимберлитовой трубки Юбилейная: 1–4 — перекрывающие породы верхнего палеозоя: 1 — углистые алевролиты, 2 — песчаные алевролиты, 3 — разнородные песчаники, 4 — туфоалевролиты; 5–10 — вмещающие породы: 5 — известняки лландоверийского яруса меикской свиты, 6 — мергелистые и глинистые известняки кылахской свиты, 7 — доломиты и песчаные известняки сохолоохской свиты, 8 — доломиты, глинистые доломиты и доломитистые известняки олдондинской свиты, 9 — терригенно-карбонатные породы маркокинской свиты, 10 — глинисто-карбонатные породы мархинской свиты; 11–12 — кимберлитовые породы: 11 — порфиристые кимберлиты первой фазы внедрения, 12 — автолитовые брекчии второй фазы внедрения; 13–14 — стратифицированные осадочно-вулканогенные образования кратера: 13 — глинистого облика, 14 — песчаного и гравелитового облика; 15 — ксенолиты осадочных пород в кимберлитах («ксенолитовый» пояс); 16 — туфы основного состава; 17 — долериты; 18 — блоки кимберлитов и осадочных пород, отторгнутые и перемещенные интрузией траппов; 19 — граница пород кратерной фации



борту небольшого куполовидного поднятия, имеющего общую площадь в несколько квадратных километров и амплитуду порядка 30–45 м. Перекрыто тело explosивными карбонатными брекчиями, маломощными осадочными образованиями пермо-карбона и интрузией долеритов мощностью до 80 м. Для трубки Одинцова характерно двухярусное строение. Верхняя часть диатремы, получившая название «карбонатной шапки», представляет переработанный explosивными процессами кимберлитовмещающий субстрат (карбонатные породы низов нижнего силура), превращенный в разнообломочные карбонатные брекчии. Ниже «карбонатной шапки» залегает собственно кимберлитовое тело, для которого характерна общая удлиненность, наличие расширяющегося кверху раструба с размером по вертикали 140 × 150 м и быстрый переход с глубиной сначала в подводящий канал в виде дайкообразного тела, а затем в серию тонких субпараллельных жил.

Кимберлитовые трубки, перекрытые маломощными элювиальными или делювиальными отложениями, были открыты на СП на первых этапах прогнозно-поисковых работ. Яркими поисковыми объектами такого типа могут служить трубки Мир, Удачная и др. В зависимости от размеров кимберлитовых тел и особенностей их вещественного состава, как и геологического развития территории, такие диатремы могут по-разному выражаться и в геофизических полях, и формировать ореолы рассеяния в различной степени измененного кимберлитового материала. Кимберлитовые трубки Мир и Удачная, характеризующиеся крупными размерами и высокими концентрациями ИМК, при размыве давали четко выраженные ореолы рассеяния, позволившие сравнительно легко направить геологов-исследователей на выявление материнских пород. Так, *кимберлитовая трубка Мир* (рис. 5), вместе с *трубкой Спутник* [12] и системой даек, приурочены к Параллельному глубинному разлому. Первая на поверхности имеет форму овала со слабым пережимом примерно в средней части. Размер ее по длинной оси, ориентированной в северо-западном направлении, — 490 м, по короткой — 320 м. До глубины 200 м трубка представляет типичную воронку, глубже

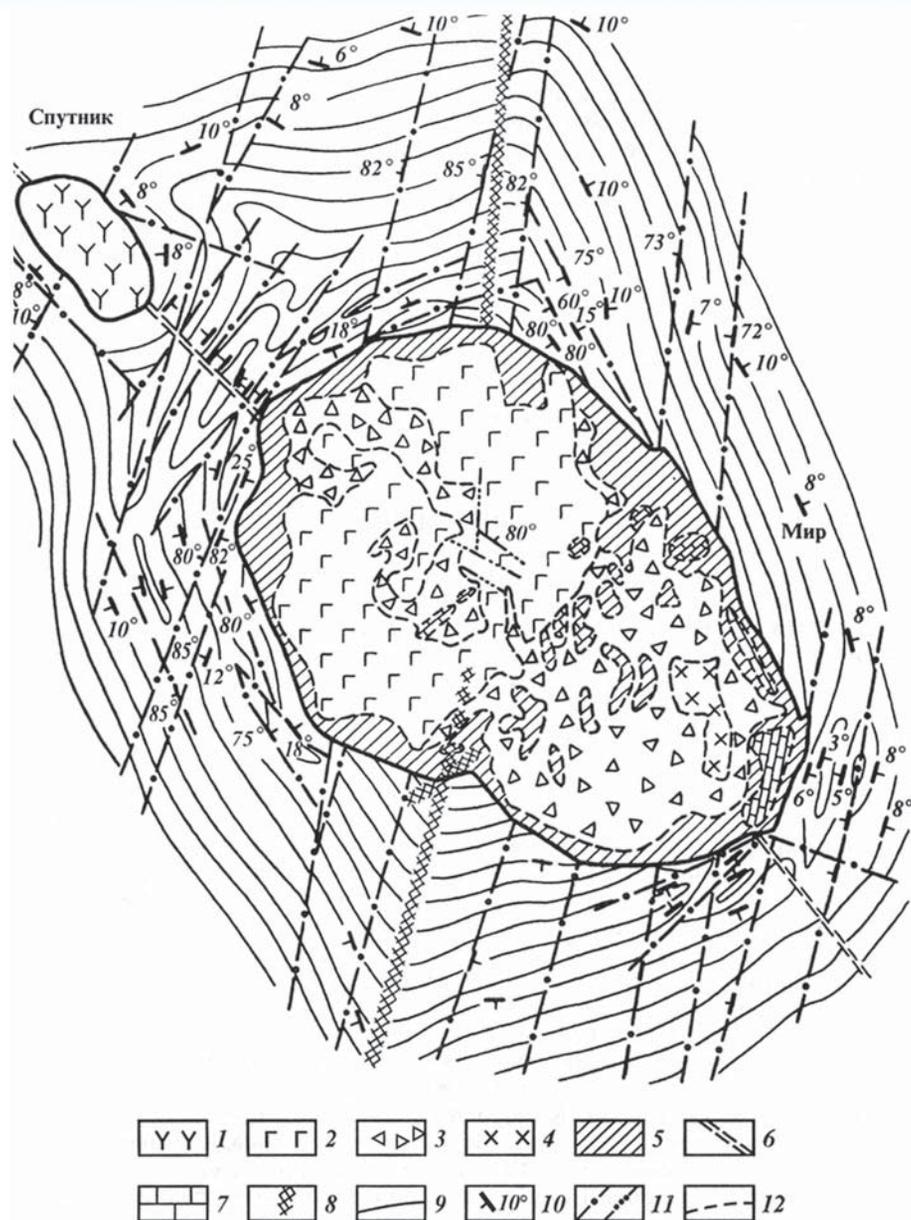


Рис. 5. Геолого-структурная схема трубок Мир и Спутник: 1 — трубка Спутник; 2–4 — трубка Мир, кимберлиты соответственно первой — третьей фаз внедрения; 5 — зона эндоконтакта; 6 — кимберлитовая дайка; 7 — ксенолиты осадочных пород; 8 — зона дробления с галенитовой и сфалеритовой минерализацией; 9 — вскрытые карьером пласты вмещающих карбонатных пород; 10 — элементы залегания осадочных пород и разрывных нарушений; 11 — разрывные нарушения; 12 — границы разновидностей кимберлитовых пород

(до 900 м) — цилиндрическое тело с незначительным сужением к низу, а затем (в 900–1000 м от поверхности) она переходит в серию подводящих даек. Трубка прорывает терригенно-карбонатные и галогенно-карбонатные породы ордовика и кембрия, два силла (на глубине 500 и 1100–1200 м с мощностью соответственно 12–34 и 70 м) и дайку диабазов позднедевонского возраста. Терригенно-карбонатные породы представлены известняками, доломитами, мергелями, алевролитами и их переходными разностями. Сверху КВ кимберлитов трубки перекрывали маломощные четвертичные отложения. Верхние горизонты диатремы образовались в результате трехфазного внедрения кимберлитового расплава [1–3, 8]. КБ первой фазы слагают большую часть

северо-западной половины трубки, в то время как аналогичные породы второй фазы на уровне современного эрозионного среза локализованы в ее юго-западной части и инъецируют брекчии северо-западной половины диатремы. Кимберлитовые породы третьей фазы формируют на юго-востоке трубки вытянутое в северо-западном направлении дайковидное тело размером 30 × 120 м. Контакты этого тела с вмещающими кимберлитовыми брекчиями — секущие, а в самой зоне контакта широко развита сульфидная минерализация. В 131 м на северо-восток от трубки Мир открыта *трубка Спутник*, размером в плане 140 × 90 м. По степени выветрелости и постмагматического изменения среди кимберлитовых пород трубки выделяется несколько разновидностей. Кимберлиты трубки Мир богаты ИМК и алмазами. Учитывая большой эрозионный срез верхних частей месторождения (по разным исследованиям до 350–400 м), отдельные разности древних осадочных толщ верхнего палеозоя, мезозоя и современные отложения МКП содержат повышенные концентрации ИМК, а иногда и самих алмазов. Открытая добыча руды на трубке завершена и осуществляется ее шахтная подземная обработка.

Таким образом, несмотря на индивидуальность различных геолого-поисковых обстановок, а также каждого кимберлитового тела, между ними существует много общего, что позволило создать обобщенную модель алмазоносной трубки ЯКП, в которой нашли отражение как переход вертикального канала диатремы в подводящую дайку, так и особенности взаимоотношения этих объектов с древними (девонскими) и более молодыми (пермо-триасовыми) траппами, т.е. проследить характер сопряженности системы тел: главная трубка — сателлит — подводящая и дотрубочная дайки. На разведенную глубину трубок вмещающими ее породами являются терригенно-карбонатные образования нижнего силура, нижнего, среднего и верхнего кембрия, представленные известняками, доломитами, мергелями, алевролитами и промежуточными разностями этих пород. В южной части СП (Мирнинское кимберлитовое поле) в значительном объеме разреза вмещающих трубки пород развиты пласты и линзы каменной соли. Особенно высокое содержание последних установлено в нижнекембрийских отложениях на глубине 900–1200 м. Довольно часто встречаются также прослои и линзы гипса и ангидрита. В МБАР ряд кимберлитовых тел перекрыт нижнеюрскими осадочными толщами (песчаниками, алевролитами, слабо сцементированными гравийными и галечными образованиями), современная мощность которых колеблется от первых до 20 м. В отличие от этого севернее СП в ДААР над частью кимберлитовых тел залегают терригенные пермско-каменноугольные образования мощностью от первых до 100 м и более, представляющие сложное чередование алевролитов, песчаников, глинистых и углисто-глинистых сланцев, гравелитов и конгломератов. Верхнепалеозойский комплекс осадочных и вулканогенно-осадочных пород интродуцирован многочисленными пластовыми и секущими телами траппов. В диатремовых кимберлитовых

структурах выделяются (сверху вниз): а) раструб, венчающийся кольцевым валом; б) вулканический (вертикальный) канал; в) корневая часть — подводящий канал в виде дайкового тела. Каждая из этих частей кимберлитовых трубок сложена породами, имеющими определенные минералогические и текстурно-структурные особенности. Существенные закономерности в смене пород создают своеобразную вертикальную зональность коренных месторождений алмазов на каждой конкретной древней платформе. На СП ксенолиты кимберлитовых трубок делятся на четыре группы: а) осадочные породы платформенного чехла, являющиеся вмещающими для диатрем; б) изверженные — траппы, внедрившиеся в осадочный чехол до образования диатрем; в) метаморфические, слагающие фундамент платформы; г) глубинные, преимущественно мантийного происхождения. Содержание ИМК (пироба, пикроильменита и хромшпинелидов) на глубоких уровнях их залегания выше, чем в самых верхних частях, хотя в различных трубках оно неодинаково. В верхних частях диатрем наиболее полных разрезов для осадочно-вулканогенных пород характерны выделения вторичных минералов в виде крупных жил, жезд, гнезд и пр. В тупах и верхних горизонтах брекчий встречаются скопления крупных друз и прожилков кварца (в основном амethysta), кальцита и магнетита. Степень карбонатизации кимберлитов (как и в целом, развития вторичных минералов) с глубиной существенно снижается. Существенное влияние на направленность и интенсивность развития вторичной минерализации в кимберлитах региона имеет состав и характер вмещающих трубки пород. Приведенные краткие сведения по геологическому строению и вещественному составу кимберлитов и вмещающих их пород СП показывают сложность геолого-структурных обстановок, которые необходимо учитывать при проведении прогнозно-поисковых работ на алмазы. Нередко поиски кимберлитовых диатрем представляют собой сложную задачу, особенно в случае отсутствия на таких участках продуктов дезинтеграции этих пород, что снижает результативность применяемого шлихо-минералогического метода. Существенно снижается и результативность геофизических методов поисков в случаях низкой намагниченности пород, слагающих диатремы, или перекрытия их мощными толщами магматических или осадочных пород. Надежным критерием при поисках таких диатрем может служить комплексное изучение структурно-текстурных особенностей и вещественного состава пород как вмещающего субстрата, так и самих диатрем и перекрывающих их отложений, особенно в случае образования в них алмазоносных россыпей. Особое внимание при этом следует уделять диагностике и определению типоморфных особенностей как первичных, так и вторичных минералов кимберлитов, учитывая при этом, что основная часть последних малоустойчива в процессе их транспортировки в водной среде, но даже при существенном изменении указывает на близкие расстояния перемещения от областей размыва. Важнейшая поисковая информация получается при изучении типоморфных

особенностей самих алмазов и их парагенетических ассоциаций, характерных для конкретных кимберлитовых полей и диатрем. Пределами конкретных алмазных районов ограничиваются обычно распространения отдельных ассоциаций минералов в древних и современных осадочных образованиях. Анализом распределения по площади и в разрезе типоморфных особенностей минералов и их парагенетических ассоциаций можно решать задачи определения источников их сноса в разновозрастные верхнепалеозойские и мезозойские отложения алмазо-перспективных территорий. Особо следует отметить полигенность минералогических ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей в пределах отдельных алмазоносных районов (особенно МБАР и СМАР) с широким проявлением россыпной алмазности, достигающих иногда промышленной концентрации. Локальный прогноз их коренных источников возможен при более крупномасштабных исследованиях с использованием электронной базы данных с геологической привязкой, с привлечением и анализом всех имеющихся литолого-минералогических материалов по этим территориям. Внимание надо обращать на возможность развития в отдельных геолого-поисковых обстановках в верхних горизонтах кимберлитовых диатрем продуктов древних КВ, существенно меняющих петрофизические свойства исходных пород, что существенно затрудняет их поиски с применением геофизических методов. На примере комплексного изучения диатрем Накынского поля подчеркнута важность задач по совершенствованию методик прогнозирования и поисков немагнитных кимберлитовых диатрем, особенно перекрытых другими магматическими и осадочными породами. Наиболее уверенно и четко определять приуроченность «отторженцев» к материнским телам возможно на основании сопоставления их вещественного состава (петрологических и минералогических особенностей).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов, В.И. Алмазные месторождения России и Мира (Основы прогнозирования) / В.И. Ваганов. — М.: Геоинформмарк, 2000. — 371 с.
2. Василенко, В.Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В.Б. Василенко, Н.Н. Зинчук, Л.Г. Кузнецова. — Новосибирск: Наука, 1997. — 568 с.
3. Зинчук, Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений) / Н.Н. Зинчук. — Новосибирск: НГУ, 1994. — 240 с.
4. Зинчук, Н.Н. Геология, вещественный состав и алмазность кимберлитов Накынского поля Якутии (к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России) / Н.Н. Зинчук, С.Г. Алябьев, В.И. Банзерук и др. — Воронеж: ВГУ, 2005. — С. 807–824.
5. Зинчук, Н.Н. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. — М.: Недра, 2003. — 603 с.
6. Зинчук, Н.Н. Тектоника и алмазоносный магматизм / Н.Н. Зинчук, А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев. — Воронеж: ВГУ, 2004. — 426 с.
7. Зинчук, Н.Н. Кимберлитовая трубка Удачная (вещественный состав и условия формирования) / Н.Н. Зинчук, З.В. Специус, В.В. Зуенко, В.М. Зуев. — Новосибирск: НГУ, 1993. — 147 с.
8. Милашев, В.А. Кимберлиты и глубинная геология / В.А. Милашев. — Л.: Недра, 1990. — 167 с.
9. Орлов, Ю.Л. Минералогия алмаза / Ю.Л. Орлов. — М.: Наука, 1984. — 264 с.

10. Розен, О.М. Сибирский кратон: формирование, алмазность / О.М. Розен, А.В. Манаков, Н.Н. Зинчук. — М.: Научный мир, 2006. — 212 с.

11. Францессон, Е.В. Петрология кимберлитов / Е.В. Францессон. — М.: Недра, 1968. — 199 с.

12. Харьков, А.Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков. — М.: Недра, 1998. — 556 с.

© Зинчук Н.Н., 2018

Зинчук Николай Николаевич // nnzinchuk@rambler

УДК 502.521:504.5

Спиридонов И.Г., Левченко Е.Н. (ФГБУ «ИМГРЭ»)

ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Рассмотрены основные виды воздействия на окружающую среду при разведке и эксплуатации месторождений ТПИ. Показана экологическая ситуация, обусловленная добычей и переработкой минерального сырья на территории горнорудных регионов, а также экологические последствия от накопленных горно-промышленных отходов. Приводятся результаты экологического мониторинга качества природной среды промышленных городов Российской Федерации. **Ключевые слова:** экологическая безопасность, горное производство, техногенные отходы, тяжелые металлы, загрязнение экосистем.*

Spiridonov I.G., Levchenko E.N. (IMGRE)

MINING AND INDUSTRIAL WASTE AND ENVIRONMENTAL SAFETY

*The paper describes major types of the environmental impact that occurs due to the exploration and mining of solid minerals. The ecological situation caused by the extraction and processing of solid mineral materials in the mining regions, as well as the environmental consequences of the mining and industrial waste accumulation are demonstrated. The results of environmental monitoring of industrial cities of the Russian Federation are presented. **Keywords:** environmental safety, mining, technogenic waste, heavy metals, pollution of the ecosystem.*

Изучение и прогнозирование воздействия природных и техногенных факторов на окружающую природную среду, связанных с разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых (МПИ), проводится в течение многих лет как на локальном, так и на региональном уровнях с целью снижения, а в некоторых случаях и предотвращения отрицательных последствий намечаемой деятельности на природные объекты: атмосферный воздух, водные ресурсы, почва, растительный и животный мир.

Основными видами воздействия на окружающую среду являются: изъятие земель для размещения основного и вспомогательного производства; загрязнение растительности и поверхностных слоев почвы в резуль-