ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ПОМОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В. ЛОМОНОСОВА» КОРЯЖЕМСКИЙ ФИЛИАЛ

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

кафедра химии и географии

Образование, свойства и добыча алмазов

выпускная квалификационная работа

по специальности 0501031 «География»

Шестаков Олег Владимирович

Научный руководитель:

Дементьева Т.А., к.г.н.

Допустить к защите в ГАК

заведующий кафедрой

Т.П. Экономова

Коряжма

2008

Содержание

Введение

1. Происхождение алмазов, их свойства и применение

1.1. Происхождение и возраст алмазов

1.2. Алмазы и трубки взрыва

1.3. Свойства природных алмазов и их обработка

1.4. Применение природных и искусственных алмазов

2. Ресурсы и добыча алмазов

2.1. Из истории открытия алмазных месторождений

2.2. Ресурсы и добыча алмазов в мире

2.3. Ресурсы и добыча алмазов в России

2.3.1. Алмазы Сибири и Урала

2.3.2. Алмазы Поморья

Заключение

Введение

Алмазы являются важным сырьем и широко используются в народном хозяйстве. В последние годы спрос на алмазное сырьё резко возрастает во всем мире. Алмазы находят всё большее применение в разных областях промышленности: используются в сложной космической технике (оптические приборы), в горной добывающей и обрабатывающей промышленности. В то же время месторождения алмазов распространены в мире неравномерно, так как алмазовмещающие породы имеют древний возраст и размещаются в пределах древних структур. В мире происходит выработка и доразведка существующих месторождений и поиск новых крупных алмазоносных районов. Анализ основных гипотез происхождения алмазов и размещения древних пород позволяют оценить перспективы добычи алмазов в разных странах мира. В этом и заключается актуальность выбранной темы исследования.

Цель исследования – проанализировать основные гипотезы происхождения алмазов, их свойства, запасы и добычу в связи с особенностями и закономерностями их размещения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

рассмотреть основные гипотезы происхождения природных алмазов;

описать свойства и применение природных алмазов;

выявить основные алмазоносные провинции России и мира.

Объект исследования – природные алмазы.

Предмет исследования – проблемы происхождения алмазов, их свойства и географическое размещение основных алмазоносных провинций.

Выпускная квалификационная работа подготовлена на основе трудов таких ученых, как Милашев В.А., Орлов Ю.Л, Ферсман А.Е., Старостин В.И. Сорохтин О.Г. и других, посвященных вопросам свойств и размещения алмазов. Вопросами геологии Архангельских алмазов занимались такие ученые, как Безбородов С.М., Веричев Е.М., Осадчий А., Саблуков С.М., Головин Н.Н., Заостровцев А.А. Также в работе автор рассматривает основные и общепринятые гипотезы происхождения алмазов.

Методы исследования: анализ геологической и географической литературы, исторический, картографический, статистический.

Структура работы: Выпускная квалификационная работа содержит 61 страницу машинописного текста, состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы включающего 79 наименования и 13 приложений.

Алмаз обладает уникальными свойствами, он имеет максимальную твердость (10 – по шкале Мооса), которая позволяет его использовать, как буры в различной технике, а также для огранки других алмазов. Алмаз – минерал весьма устойчивый. Эти свойства алмаза находят применение в промышленности и космических технологиях.

Несмотря на изученность уникальных свойств алмаза, его происхождение до сих пор до конца не выяснено. Существующие гипотезы подчас противоречат друг другу и не могут объяснить всё разнообразие свойств этого замечательного минерала.

Алмаз – достаточно редкий минерал и встречается далеко не повсеместно. Неравномерное размещения алмазов коррелируется с возрастом и составом алмазоносных пород. На основе данных спектрального анализа, можно утверждать, что первые алмазы сформировались в Африке, а затем на других континентах. Основной алмазовмещающей породой являются кимберлиты, представляющие собой брекчии, внедрившиеся в холодном виде. Цемент брекчии карбонатно-серпентиновый с примесью магнетита, перовскита, флогопита, серпентинизированного оливина, иногда граната и шпинели.

Неравномерность размещения запасов алмазов предопределила неравномерность их добычи. Большую часть этих минералов добывают Россия, страны Африки и Австралия. Производство бриллиантов размещено в Голландии, Сингапуре и в Израиле. А основными потребителями алмазов являются развитые страны мира.

1. Происхождение природных алмазов, их свойства и применение.

1.1. Происхождение и возраст алмазов.

Изучение генезиса алмазов является одной из важнейших проблем геологии. Существует множество гипотез происхождения, но ни одна из них не даёт точного объяснения фактов нахождения алмазов в природе и даже самих процессов образования этого минерала. Это связано с тем, что алмазы находят в сочетаниях с разными по свойствам и условиям образования горными породами. Наибольшее количество алмазов обнаруживают в щелочных ультраосновных породах, выполняющих жилы и «трубки взрыва», например, в кимберлитах Южной Африки. Также бывают единичные находки алмазов в перидотитах. Находки в андезитах и диабазах весьма сомнительны [18, 25]. Обычно алмазы добываются в россыпях, причём коренные источники их неизвестны. Только последние изыскания на Архангельском Севере позволили обнаружить богатейшие коренные месторождения алмазов [11, 46].

Рассмотрим некоторые из наиболее популярных гипотез происхождения природных алмазов.

Алмазы происходят от неполного окисления углеродистых водородов, подобно тому, как сера сольфатаров происходит от неполного окисления сернистого водорода, весь водород которого обращается в воду, и только часть серы обращается в сернистую кислоту. Так точно нефть производит горную смолу, а смола – графит. Итак, если подвергать медленному окислению смесь углеродисто-водородных газов и воды, то, может быть, получатся алмазы.

Природные алмазы почти полностью состоят из углерода. Это означает, что напрямую – радиоуглеродным методом, возраст алмаза не определяется. Период полураспада изотопов углерода очень быстрый. Поэтому для определения возраста алмаза используют другие косвенные методы и не по углероду, а по включениям посторонних минералов, находящихся в нём (например, по пиропу). Этот факт в корне меняет трактовку данного посыла. Возраст включений в алмазах оказывается более древним, чем возраст вмещающих осадочных пород. Сейчас геологи уже могут спорить, где включения попали в алмаз: или в мантии, или в земной коре.

Магматическая теория.

Первые научно обоснованные предположения о генезисе алмазов были высказаны геологами, изучавшими африканские кимберлитовые трубки ещё во второй половине XIX в. К этому времени относятся высказывания о происхождении алмазов в результате непосредственного воздействия магмы на пласты угля [52]. По мнению ученых, алмазы принесены на поверхность из глубинных очагов перидотитового слоя, находившихся на глубине порядка 150 км. В настоящее время большинство исследователей считают алмазы первичной составной частью кимберлитов, но расходятся во мнениях относительно места их образования [17, 23, 24, 38].

По мнению А.В. Вильямса (исследователь алмазоносных месторождений Африки), на какой-то гипотетической неизвестной глубине существовал резервуар расплавленной магмы, которая благодаря изменениям температуры или давления уже начала кристаллизоваться и в некоторых участках этого резервуара превращаться в ультраосновные (перидотитовые, пироксенитовые и эклогитовые) породы. Кристаллизация и затвердевание ультраосновных пород, по его мнению, продолжались длительное время, в течение которого состав первоначальной магмы изменялся, пока она не приобрела состав кимберлитовой магмы. Вместе с другими кристаллами и минералами из первоначальной магмы на большой глубине выкристаллизовался и алмаз. Также в пользу магматической теории говорит тот факт, что в кристаллах алмазов можно встретить включения других минералов, что, в свою очередь, невозможно при образовании вне высоких температур и огромном давлении. Также в пользу данной теории говорит и тот факт, что алмазы срастаются, что опять же невозможно без высоких температур и огромного давления.

В Якутии был найден уникальный алмаз весом 57,8 карата. Размер светло-лимонного камня в форме октаэдра – 17х17х22 мм. Но главная особенность алмаза в том, что он состоит из двух частей: маленький алмаз находится внутри большого [77]. Обычно внутри кристаллов находят графит, пироп, хризолит, маленькие алмазики попадаются крайне редко. Камешек задержался в росте из-за неблагоприятных условий. Когда они изменились, вокруг него выросла оболочка из нового кристалла, а маленький камень как бы являлся подложкой для образования нового большого.

Большинство авторов придерживается мантийной гипотезы [40, 51, 61]. Этому способствуют успехи в искусственном выращивании алмазов при сверхвысоких давлениях и температурах [4, 37].

Несмотря на физическую обоснованность мантийной гипотезы и, якобы, экспериментальное подтверждение её концепции в установках синтеза алмазов при сверхвысоких давлениях, существует ряд фактов, которые не объясняются с её позиций. Приведем некоторые из них.

Факт № 1. На срезах монокристаллов алмаза под действием ультрафиолетовых или рентгеновских лучей можно увидеть картины роста алмазов, аналогичные тем, что мы видим на поперечном срезе стволов деревьев. По их виду можно судить о физических и химических условиях, окружавших алмаз в период его роста. Из этих картин видно, что каждый кристалл алмаза имеет индивидуальную историю роста, изменяющуюся во времени и отличающуюся от истории роста других алмазов того же месторождения. Этот факт противоречит мантийной гипотезе, по которой считается, что алмазы росли в одинаковых термо-баростатических условиях и, как следствие, должны иметь примерно одинаковую историю роста.

Факт № 2. Генетический и геометрический центры одного кристалла алмаза обычно пространственно не совпадают. Этот факт говорит о том, что кристаллы в процессе роста были неподвижными и обтекались каким-то потоком среды, создававшем асимметрию в скорости процесса роста разных граней кристалла. В условиях верхней мантии этого быть не может, так как магма представляет собой относительно вязкую расплавленную силикатную среду, при любых перемещениях увлекающую с собой находящиеся в ней включения.

Факт № 3. Массоспектрометрический анализ алмазов показывает, что в основном они состоят из углерода мантийного происхождения с «тяжёлым» изотопным составом. Однако встречаются также алмазы с осадочным – «облегчённым» и «сверхтяжёлым» изотопным составом углерода. Наблюдаются даже значительные вариации изотопного состава внутри одного кристалла алмаза. Известно, что углерод с уменьшенной и увеличенной, относительно мантийной, концентрацией тяжелого изотопа углерода образуется только вблизи поверхности Земли за счёт процессов химического фракционирования. В условиях верхней мантии из-за высокой температуры этого не происходит.

Нельзя считать также доказательством мантийной гипотезы и тот факт, что большинство алмазов имеет мантийный изотопный состав углерода, так как вполне возможна ситуация, когда алмазы росли в приповерхностных условиях Земли из углерода или углеродсодержащих газов в период их извержения из мантии или несколько позже этого периода [78].

Все выше перечисленные противоречия являются лишь частью большого числа фактов, необъясняемых мантийной гипотезой происхождения алмазов.

Немагматическая теория. Немантийная теория предполагает образование алмазов в приповерхностных условиях Земли. В пользу немагматической теории говорит тот факт, что если бы алмазы, созданные при огромных давлениях и температурах, были бы подняты на поверхность, вследствие каких-либо причин то они, либо перекристаллизовались, либо взорвались в результате изменения температуры и уменьшения давления.

Существуют различные варианты этой гипотезы.

В качестве среды образования рассматриваются расплавленная и затвердевшая магма, возникающие газовые полости, солевые расплавы и водные растворы. В качестве источника углерода – термическая диссоциация углеродсодержащих газов и обратимые химические реакции.

Внутри кристаллов сибирских алмазов случается находить органические вещества и даже тонкие веточки растений! Это не вяжется с чудовищными давлениями и глубинами эклогитовой зоны, а, наоборот, подтверждает формирование алмазов в приповерхностных слоях земной коры.

Метеоритная гипотеза. Относительно недавно алмазы были обнаружены в метаморфических породах, глубина образования которых не превышает нескольких километров. И это заставило задуматься: все ли алмазы – гости из больших глубин? Есть предположение, что алмазы могут возникать и в межзвёздном пространстве [6, 7, 23]. Как сообщили учёные Чикагского университета, микроскопические частицы алмазов, которые по возрасту оказались старше планет Солнечной системы и самого Солнца, были обнаружены на некоторых метеоритах [43]. По мнению чикагского физика Р. Льюиса, они образовались в атмосфере какой-то удалённой звезды и были выброшены в космос, когда звезда взорвалась. Правда, найденные алмазы настолько малы, что триллионы их легко можно разместить на булавочной головке [9, 23].

Встречаются и более крупные алмазы, заключённые в метеоритах. Так, в 1980 году сотрудники Смитсонианского института в Вашингтоне спиливали один из металлических метеоритов, найденный в Антарктиде, но вдруг заметили, что пила перестала углубляться в него, а потом сама быстро стала утончаться. Оказалось, что внутри метеорита были алмазы. Сам по себе этот факт не был новинкой. Но ранее считалось, что алмазы образуются в метеоритах при их ударе о землю, когда резко повышаются давление и температура. Антарктическая находка не испытала такого удара. Таким образом, теперь следует считать, что алмазы в метеоритах могут существовать ещё и до удара о землю, они могут, например, образоваться в результате столкновения с астероидами [72].

Флюидная гипотеза. Обратимся к факту нахождения гигантских алмазов в кимберлитовых трубках. Находка алмаза – супергиганта «Куллинан» (массой 621,2 г) на глубине 9 м от поверхности в бортовой части трубки сама по себе в состоянии противостоять всей сложной аргументации мантийной теории. И вот почему. Предположим, супергигант образовался в верхней мантии под давлением в сотню тысяч атмосфер и температуре несколько тысяч градусов Цельсия. А что должно происходить дальше?

Вариант 1. В случае медленного подъёма алмаза к земной поверхности падение давления будет больше, чем падение температуры, после некой критической величины (согласно условиям фазовой диаграммы равновесия графит – алмаз) он превратится в графит. В специальной литературе это явление известно как температурный барьер. До сих пор никто не придумал, как в таких условиях можно его преодолеть.

Вариант 2. В случае быстрого подъема вступает в действие другой барьер – литостатическое давление. Алмаз находился до подъёма в сверхсжатом состоянии, под давлением, предположим, 100000 атм. Если это давление резко снять, то от алмаза ничего не останется. Разлетится он на мельчайшие обломки.

Например, на Кольской сверхглубокой существуют проблемы с подъёмом керна с больших глубин. Взрываются они в керноподъёмнике, хотя глубины относительно небольшие – всего-то 8-10 км (около 2000 атмосфер) [78].

Гипотеза Тапперта. Исследователь Ральф Тапперт из университета провинции Альберта, Эдмонтон, Канада, опубликовал в одном из выпусков «Geology Magazine» статью, в которой выдвигает гипотезу о том, что алмазы могут представлять собой останки морских животных, которые были преобразованы в земных недрах, на глубинах много больших, чем считалось раньше [39].

Наряду с проблемой происхождения алмазов большой научный интерес представляет проблема определения возраста природных алмазов. Впервые учеными составлена карта регионов Земли, в которых формируются алмазы. В своей работе геологи опирались на данные землетрясений в Южной Африке, известной своими месторождениями драгоценных камней, за период 20 лет.

Эти данные затем были соотнесены с анализом примесей более чем в 4000 алмазов. В результате ученые смогли узнать возраст камней, а также состав горных пород, в которых они формировались. За небольшим исключением их возраст исчисляется миллиардами лет [13, 61, 66].

Древние римляне полагали, что бриллианты – это осколки падающих звезд. Древние греки считали их слезами богов. Камни пленили большинство цивилизаций, если не редкостью и красотой, то полезными качествами – алмазы – самые твердые вещества на планете [3, 14].

Сегодня мы знаем, что атомы углерода под большим давлением (как правило, 50000 атмосфер) и на большой (примерно 200 км) глубине формируют кубическую кристаллическую решетку – собственно алмаз [24]. Камни выносятся на поверхность вулканической магмой. Но ещё многое в образовании алмазов покрыто тайной.

Геологи разделили алмазы на три поколения.

Первое сформировалось примерно 3,3 млрд. лет назад. Эти камни из старейших горных пород – свидетели геологического детства Земли. Все они – из Южной Африки [29, 70].

Второе поколение увидело свет чуть позже – примерно 2,9 млрд. лет назад. Их россыпи обнаружены уже в различных регионах. Условия их формирования немного отличаются. Анализ примесей в этих алмазах даёт основания полагать, что они сформировались внутри горных пород, которые первоначально были дном древнего мелкого моря. Каким-то образом они были погружены на большие глубины, где отложения углерода, возможно, живых организмов, при нагревании и давлении превратились в залежи алмазов.

Третье поколение камней появилось примерно 1,2 млрд. лет назад.

Известны и самые молодые – им около 100 млн. лет, однако их мало и их происхождение труднообъяснимо.

Геологи полагают, что эра крупных алмазов закончилась, и Земля больше не формирует драгоценные камни. Возможно, тогда планета была горячее, или состав геологических пород был несколько иным. Каковы бы ни были условия, они явно изменились. Алмазы – это признак геологической молодости Земли.

Таким образом, проблема происхождения и связанная с ней проблема возраста алмазов остаётся актуальной для современной геологической науки, но одно не вызывает споров – алмазы – это уникальные минералы.

1.2. Алмазы и трубки взрыва.

Процессы формирования природных алмазов не до конца ясны, но одна важнейшая закономерность всё же проявляется: алмазные месторождения встречаются только в пределах древних структур. Чаще всего коренные месторождения соответствуют трубкам взрыва. При этом основная вмещающая порода – кимберлит – может заполнять трубку взрыва и не содержать алмазов, т.е. не являться алмазоносной [50, 51, 60].

Трубки взрыва, диатремы, трубообразные тела, заполнены магматическим материалом, часто содержащим примесь вмещающих пород. Образуются при прорыве газофлюидного расплава через пласты земной коры. По составу брекчиевидных пород могут быть диоритовые, карбонатитовые, базальтовые, лампроитовые, кимберлитовые и др. Наибольший интерес представляют кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва, с которыми связаны практически все промышленные коренные месторождения алмазов.

В Архангельской области известны базальтоидные, мелилититовые, пикритовые, кимберлитовые трубки взрыва, образующие щёлочно-ультраосновную серию родственных пород, связанных общим происхождением. Многочисленные трубки взрыва установлены в пределах Нёнокского поля трубок взрыва, широко развиты на Зимнем берегу, где с трубками Золотицкого поля связаны месторождения алмазов им. Ломоносова и им. В. Гриба. В совокупности с трубками взрыва Кольского полуострова они формируют Архангельскую алмазоносную провинцию [11, 58].

Морфологически щёлочно-ультраосновные трубки взрыва образуют конусовидные тела, обращенные вершиной вниз с соотношением осей от 1:1 до 1:10 и диаметром на поверхности от десятков метров до 1 км, редко более. Часто гантелевидные, сдвоенные тела. Состоят из 3 частей: раструба и двух каналов – воронкообразного и подводящего. У крупных тел раструб обычно прослеживается на глубину до 400-500 м, имеет пологие контакты. Глубже он переходит в воронкообразный канал максимальной протяжённостью на глубину до 2 км с крутым падением контактов (Приложение 1). Подводящий канал, как правило, представлен дайкой, редко трубчатым телом. Иногда трубки взрыва имеют 2 или более канала, на глубине выклинивающихся или переходящих в один. Единичные трубки взрыва встречаются редко, чаще всего они образуют группы или поля [12, 21].

Механизм формирования трубок взрыва не совсем ясен, большинство исследователей признают их вулканическое происхождение, считая трубки жерлами вулканов центрального типа. Возраст трубок взрыва – от протерозоя до современных. Алмазоносные кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва встречаются исклительно в пределах древних платформ [38, 62]. Сейчас кимберлитовые тела известны на всех древних платформах, исключая Антарктиду. Алмазоносные лампроитовые трубки взрыва известны только в Австралии (трубка «Аргайл») [23, 46, 60].

Итак, главные месторождения алмазов связаны с кимберлитовыми трубками. Кимберлиты представляют собой брекчии, внедрившиеся в холодном виде. Цемент брекчии карбонатно-серпентиновый с примесью магнетита, перовскита, флогопита, серпентинизированного оливина, иногда граната и хромшпинелида. Количество обломков варьирует от долей процента до 60%. По форме обломки разделяются на округлые и угловатые, со сглаженными ребрами, чаще остроугольные. Исследования показывают, что ни посторонние включения (ксенолиты) в кимберлите, ни боковые породы не имеют признаков того, что они подвергались действию высоких температур [35, 51, 66].

Встречающиеся обломки битуминозных сланцев среди кимберлита также не испытали достаточного нагрева, чтобы в них образовались гидрокарбонаты.

Например, в кимберлитовых трубках Алдана многочисленные ксенолиты кварцитов, кварц-полевошпатовых пород и гранитов на контакте с кимберлитом обычно совершенно не изменены.

В некоторых трубках были обнаружены органические остатки, которые при высоких температурах непременно бы разрушились. Так, в трубке «Обнаженной» встречен обломок древесины размером 8х6х6 см в той её части, где кимберлитовая брекчия заметно засорена вмещающими породами осадочного чехла с остатками верхнеюрской фауны. Древесина полностью замещена кальцитом и в меньшей мере пиритом, опалом и халцедоном. Находки древесины известны в кимберлитовых трубках Якутской, Южно-Африканской и Северо-Русской провинций.

Основными минералами, содержащимися в кимберлитах наряду с алмазами, являются оливин, серпентин, пироксены, фагопит, ильменит, пирот. Большинство кристаллов в кимберлитах составляют обломки и осколки кристаллов. Самый крупный из найденных алмазов великан «Куллинан» массой 3025,75 карат и размером в 10х6,5х5 см представляет собой обломок (примерно 1/3) кристалла голубовато-белого цвета [23, 41].

Многочисленными исследованиями установлено, что возраст алмазов значительно более древний, чем возраст вмещающих алмазоносных пород. Так, возраст алмаза из трубки Финш (ЮАР) составляет 3200-3300 млн. лет, а самих пород – 130-170 млн. лет, из трубки Кимберли 3400 и 80-95 млн. лет соответственно [38].

Форма кимберлитовых трубок напоминает высокую рюмку на тонкой ножке. Площадь поперечного сечения их с глубиной уменьшается с последующим выклиниванием. Трубка Кимберли выклинивается на глубине 1073 м, Де Бирс – 732 м, Премьер – 400 м [62, 66].

С глубиной в кимберлите трубок быстро убывают как количество, так и размеры обломков, а также содержание алмазов.

Установлена приуроченность кимберлитовых алмазоносных трубок к полю развития карбонатных толщ. В некоторых трубках Западной Якутии встречены обильные выделения твердых и жидких битумов и газообразных углеводородов. Например, в трубке «Мир» нефтепроявления отмечались до глубины 500 м. В трубке «Ударная» на глубине 150-200 м встречена капельножидкая нефть и отмечались взрывы углеводородных газов.

Приведенные и подобные им признаки состава и строения кимберлитовых трубок позволили А.М. Маулетову отнести эти тела к экзогенным, поверхностным, холодным, эрозионным и эрозионно-коррозионныи образованиям [48].

Существует точка зрения (Т. Бонней и др.), согласно которой алмазы образовались в эклогитовой (грикваитовой) магме на большой глубине и в кимберлиты попали случайно. В качестве довода в пользу отсутствия генетической связи между алмазами и кимберлитами приводятся малоубедительные случаи отдельных находок алмазов в гранат-диопсидовых конкрециях [78].

Есть также факты, указывающие на взаимосвязь алмазов и процессов превращения органических остатков. В настоящее время эти факты не имеют научно обоснованного объяснения, но, безусловно, заслуживают внимания. Ранее считалось, что алмазы происходят из нижней части мощной континентальной земной коры, где во время образования Земли сформировался и первичный углерод. Но сейчас изучение минералов – индикаторов температуры, найденных в некоторых алмазах из трубок «Ягерсфонтей» в ЮАР, показывает, что углерод достигает состояния алмаза в результате давления, которому подвергался графит на глубине 300 миль (480 км). Изотоп углерода – углерод-12, который находится в живой материи, был обнаружен также и в алмазах. Эта находка подтверждает предположение о том, что углерод алмазов происходит из остатков морских организмов, которые, очевидно, попали в глубины земной коры, преодолев этот путь под воздействием процессов движения тектонических плит [78].

1.3. Свойства природных алмазов и их обработка.

Свойства природных алмазов привлекали человечество на протяжении тысячелетий. Некоторые из свойств алмазов настолько уникальны, что и сейчас они ценятся во всём мире. Наиболее ценится прозрачный алмаз. Красота ограненного алмаза (бриллианта) несравнима ни с чем. Наравне с ювелирными качествами большую ценность имеют и технические характеристики алмазов.

Свойства алмазов многогранны, как и сам алмаз. Кратко рассмотрим основные физические и оптические свойства алмаза. Это самый твердый из естественных драгоценных камней; шлифуется лишь алмазным порошком; в чистом виде бесцветный, водяно-прозрачный, с сильной игрой цветов [31].

Твёрдость является основным свойством алмазов, она замечена ещё в древние времена. Уникальность данного минерала отражена в самом названии: «адамас» по-гречески означает «несокрушимый», «непреодолимый».

Эта кристаллическая форма углерода отличается высочайшей (10) твёрдостью, и никакой другой минерал не может оставить на нём царапину [23], абсолютная твердость в 1000 раз превышает твердость кварца и в 150 раз – твердость корунда [40, 70]. Это свойство алмазов широко используется в промышленности и в быту. Изготовление оборудования, основанное на этом свойстве, увеличивает срок работы инструмента во много раз [41].

Важное практическое значение имеет очень низкий коэффициент трения алмаза по металлу на воздухе – всего 0,1, что связано с образованием на поверхности кристалла тонких пленок адсорбированного газа, играющих роль своеобразной смазки. Когда такие пленки не образуется, коэффициент трения возрастает и достигает 0,5-0,55. Низкий коэффициент трения обусловливает исключительную износостойкость алмаза на истирание, которая превышает износостойкость корунда в 90 раз, а других абразивных материалов – в сотни и тысячи раз. В результате при шлифовании изделий из твердых сплавов алмазного порошка расходуется в 600-3000 раз меньше, чем любого другого абразива [31, 74].

Для алмаза также характерны самый высокий (по сравнению со всеми известными в природе материалами) модуль упругости и самый низкий коэффициент сжатия.

Плотность. 3,5–3,52. Излом. Раковистый.

Химический состав. Бесцветные разности алмаза представляют собой чистый углерод. Но есть окрашенные и непрозрачные алмазы, они содержат примеси двуокиси кремния (SiO2), окиси магния (MgO), окиси кальция (СаО), закиси железа (FeO), окиси железа (Fe2O3), окиси алюминия (А12О3), окиси титана (ТiO2); в виде включений встречаются графит и другие минералы [47].

Цвет. Алмазы бывают бесцветными, водянопрозрачными или желтоватыми, а также могут иметь буроватую, зеленоватую окраску [55]. Реже встречаются голубые, серые, синие, розовые алмазы. Бывают даже чёрные алмазы (Приложение 2). Почему окрашивается алмаз, до конца не ясно. Вероятно, в этом «виноваты» изменения, несовершенства кристаллической структуры некоторых кристаллов [25]. Они могут быть связаны с внедрением в кристаллическую структуру «чуждых» атомов, например азота или никеля, а могут вызываться «поломками» кристаллической решётки под действием радиации [23, 36].

Блеск. Алмазный.

Прозрачность. Прозрачный, мутный.

Сингония. Кубическая.

Форма кристаллов. Алмазы образуют кристаллы кубической сингонии: октаэдры, кубы, додекаэдры (тетраэдры), ромбододекаэдры. Встречаются двойники срастания; кристаллы иногда характеризуются фигурами травления, штриховкой, искривлением граней, наблюдаются неправильные, искажённые кристаллы [20, 23, 70]. Кристаллы часто с округлыми гранями [25]. Размеры кристаллов алмазов варьируются от долей миллиметра до десятков сантиметров. Самый крупный известный алмаз «Куллинан» был найден в Южной Африке в 1905 г., его масса составляля 3106 карат (Приложение 3, 4).

Кристаллическая структура. Гранецентрированная решётка куба; каждый атом окружен четырьмя другими, расположенными по тетраэдру.

Спайность. Совершенная по октаэдру (111), хрупкий.

Термические свойства. Температура плавления алмаза составляет 3700-4000ºС. На воздухе алмаз сгорает при 850-1000ºС, а в струе чистого кислорода горит слабо-голубым пламенем при 720-800ºС, полностью превращаясь, в конечном счёте, в углекислый газ [42] . При нагреве до 2000-3000ºС без доступа воздуха алмаз переходит в графит [70].

Этот уникальный минерал обладает исключительно высокой теплопроводностью: теплопроводность некоторых алмазов при комнатной температуре выше теплопроводности меди в 4 раза; средние её значения при 180 (Вт/мК), что обусловливает быстрый отвод тепла, возникающего в процессе обработки деталей инструментом, изготовленным из него. Кроме того, для алмаза характерен низкий температурный коэффициент линейного расширения (ниже, чем у твердых сплавов и стали). Это свойство алмаза учитывается при вставке его в оправу из разных металлов и других материалов.

Оптические свойства. Средний показатель преломления бесцветных кристаллов алмаза в желтом цвете равен примерно 2,417, а для различных цветов спектра он варьирует от 2,402 (для красного) до 2,465 (для фиолетового). Показатель преломления в пределах одного кристалла может быть различен; среднее значение его для природных алмазов 2,4165, для синтетических алмазов 2,4199 (для кристалла октаэдрической формы). Эти алмазы, как правило, голубого цвета. Они очень высоко ценятся и исключительно редки [15, 45].

У алмаза «игра» – самое эффектное свойство: он дробит белый свет на ярчайшие спектрально-чистые искры, вспархивающие и веером рассыпающиеся вокруг гранёной сердцевины. Это свойство алмаза связано с тем, что показатель его преломления резко различается для лучей видимого света с разной длиной волны. Он разлагает белый луч подобно оптической призме на расходящиеся веером лучики всех цветов спектра [30, 34].

Способность кристаллов разлагать белый цвет на отдельные составляющие называется дисперсией. Для алмаза дисперсия равна 0,044-0,063. Как показатели преломления, так и дисперсия алмаза намного превышают аналогичные свойства всех других природных прозрачных веществ, что и обусловливает в сочетании с твердостью непревзойденные качества алмазов как драгоценных камней. Высокое преломление в совокупности с чрезвычайно сильной дисперсией вызывает характерный блеск отполированного алмаза, названный алмазным [28, 33, 34].

Одним из важнейших свойств алмазов является люминесценция. Под действием видимого света и особенно катодных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучей алмазы начинают люминесцировать – светиться различными цветами. Рентгенолюминесценция широко применяется на практике для извлечения алмазов из природы: на обогатительных фабриках с помощью рентгеновских лучей алмазы отделяют от вмещающей породы [23].

Магнитные свойства. Алмаз относится к немагнитным минералам, но некоторые их разновидности имеют слабые парамагнитные свойства, которые в основном связаны с присутствием примеси азота. Иногда магнитные свойства придают алмазам и механические включения в них магнитных минералов – магнетита и ильменита. Это необходимо учитывать при извлечении алмазов из породы, так как при магнитной сепарации алмазы будут попадать в магнитную фракцию и могут быть пропущены.

Электрические свойства. Алмаз относится к изоляторам: его удельное электрическое сопротивление очень велико. Некоторые кристаллы, однако, имеют низкое удельное сопротивление и обладают свойствами полупроводников. Удельное электрическое сопротивление алмазов (полупроводниковые) составляет 1 - 10 Ом/см, других алмазы – до 1010 Ом/см.

Прочие свойства. Алмаз – минерал весьма устойчивый. Он не поддается воздействию самых сильных кислот и их смесей (соляной, серной, азотной, плавиковой, «царской водки»), даже доведённых до температуры кипения. Не реагирует он и со щелочами [24, 41].

Однако алмаз легко окисляется и сгорает в смеси соды с расплавленной натриевой или калиевой селитрой. В порошке он сгорает на платиновой проволочке с образованием двуокиси углерода (СО2).

Расплавленные карбонаты щелочей при 1000-1200ºС также окисляют алмаз. При нагревании до 800ºС в присутствии железа или сплавов на его основе алмаз растворяется, поэтому алмазные резцы не применяются при обработке стали и чугуна [30].

Алмаз с чистой поверхностью гидрофобен, т.е. не смачивается водой. Из-за этого свойства он может проникать сквозь влажные слои гравийно-песчаных отложений и концентрироваться вместе с минералами значительно большей плотности – гранатами, ильменитами [45]. Последние называют минералами-спутниками алмаза и обычно используются при геологической разведке алмазных месторождений [1, 12].

Иногда для извлечения алмазов из раздробленной алмазоносной породы используется необычный способ. В то же время алмазы способны прилипать к некоторым видам жиров, на чём основаны некоторые способы

Поскольку алмазы являются самыми твёрдыми минералами на Земле (сходные минералы отсутствуют), их обработка весьма сложна и требует большого времени. Особенно это касается огранки ювелирных алмазов.

В природе алмазы имеют формы куба, четырех-, восьми- и десятигранников [15]. Часто природные кристаллы удлинены, вытянуты или уплощены, поэтому для придания им «товарного» вида в ювелирных изделиях алмазы подвергают огранке. Ограненный алмаз становится бриллиантом. Существует несколько типов огранки алмазов, и нет единого мнения, какой из них лучше [14, 28]. В 1919 г. российский математик Марсель Толковский скрупулезно рассчитал оптимальные пропорции бриллиантовой огранки, при которой свет, входящий в камень через корону, полностью отражается от 57 граней ложа по закону полного внутреннего отражения и выходит обратно. Так создается яркий блеск и «игра» света [5, 8].

Всемирно известны крупные индийские алмазы – «Регент», «Орлов», «Шах», «Великий Могол» и др. (Приложение 3, 4). Знаменитый алмаз «Кохинур» (в переводе – «Гора света»; сейчас то, что осталось от камня в результате многочисленных огранок, украшает корону британского монарха). Самый крупный алмаз – «Куллинан» – был найден в Трансваале в 1905 г. и весил 3106 карат [41, 57]. Карат – мера веса, использующаяся для алмазов, она равна 0,2 г [32]. Масса каждого добываемого алмаза обычно составляет 0,1-1 карат, крупные кристаллы (свыше 100 карат) встречаются редко [5, 28].

При обработке алмаза различаются следующие операции: раскалывание или распиловка, обдирка, шлифовка и полировка [56].

Плоскости спайности у алмаза ориентированы исключительно по октаэдру, что позволяло раскалывать крупные алмазы по спайности вручную. Прежде мастера делали это с помощью ножа, слегка постукивая по нему. Хотя техника раскалывания была хорошо освоена, все же это часто приводило к раздроблению камня: не всегда удавалось распознать внутренние напряжения и скрытые трещинки в кристалле. Поэтому на рубеже ХХ в. от раскалывания алмазов перешли к их распиловке.

Крупнейший из когда-либо найденных ювелирных алмазов, «Куллинан», был величиной с кулак. В 1908 г. его раскололи в фирме «Асшер» (Амстердам) сначала на три куска, а затем еще на много частей, так что в конце концов после огранки из него получилось 9 больших и 96 мелких бриллиантов [56, 71].

Особое преимущество распиловки алмазов перед раскалыванием состоит в том, что она позволяет более экономно использовать исходный кристалл с точки зрения выхода ограночного материала.

Например, октаэдры пилят по средней плоскости или чуть выше нее, благодаря чему получается заготовка, удобная для бриллиантовой огранки. Поверхность отпила представляет собой будущую площадку бриллианта. Вследствие этого сокращаются потери массы при обработке камня.

Диск алмазной пилы (его диаметр 5-7 см) изготовляется из меди, бронзы или других сплавов и армируется алмазным микропорошком, он имеет толщину всего около 0,05 мм и вращается со скоростью не менее 5000 об/мин. Алмаз при этом удерживается в зажимном приспособлении, напоминающем тиски. Процесс распиловки длится долго: каратник (алмаз массой в 1 кар, т.е. диаметром 6-7 мм) пилят от 5 до 8 часов [56, 67].

В ходе следующей операции, которая носит название обточки, алмаз приобретает в общих чертах форму бриллианта.

При обточке один алмаз закрепляется на небольшом станке типа токарного, а другой – в ручной державке. Они слегка прижимаются друг к другу с таким расчетом, чтобы их взаимное трение приводило к скруглению ребер кристаллов в соответствии с двойной конической формой бриллианта. Алмазы, которые не подлежат огранке в бриллианты, обтачивают на диске, шаржированном алмазным порошком.

Шлифовать и пилить алмаз можно только алмазом же и только благодаря тому, что твердость алмаза на разных гранях кристалла и в различных направлениях неодинакова. Понадобилось провести весьма детальные исследования этих различий в твердости, чтобы использовать их при шлифовке и огранке алмаза. В соответствии со статистическим понятием вероятности алмазный порошок всегда должен содержать особо острые частицы, что позволяет пришлифовывать менее твердые грани кристалла алмаза. Минералы равной твердости не царапают и не шлифуют друг друга [24].

Техника шлифовки и огранки алмаза требует очень большого опыта. На быстро (со скоростью 2000-3000 об/мин) вращающемся стальном диске, шаржированном алмазной пастой (смесью алмазного порошка с маслом или олифой), алмаз, закрепленный в зажиме (который носит старинное голландское название «доп»), приобретает фасетную огранку.

Прежде нанесение всех фасет и установка каждого угла контролировались лишь на глаз, под лупой, без применения каких-либо измерительных приборов. Размер самых мелких из отшлифованных таким образом алмазов с полной бриллиантовой огранкой, имеющей 56 фасет и площадку, 2,5 мм (15 штук на карат). Потери массы при шлифовке и огранке составляют 50-60%.

При обработке «Куллинана» они достигли 65% [57]. На том же диске, только на другой дорожке, ещё покрытой рыхлой алмазной пылью, выполняется конечная операция – полировка бриллианта. Только после этого бриллиант начинает «играть» и может быть использован при изготовлении ювелирных изделий [64, 65].

1.5. Применение природных и искусственных алмазов.

Алмазы издавна использовались в качестве самых изысканных украшений. Ювелиры разделяют алмазы почти на тысячи сортов в зависимости от прозрачности, тона, густоты и равномерности окраски, наличия трещин, минеральных включений и некоторых других признаков [49, 68]. В конце ХХ века алмазы начинают применяться на производстве. В настоящее время экономический потенциал наиболее развитых государств в значительной мере связывается с использованием ими алмазов [8].

Какие же свойства алмаза определяют его широкое использование в самых различных областях народного хозяйства? В первую очередь, конечно, исключительная твердость, которая, если судить по скорости стирания, в 150 раз выше, чем у корунда, и в десятки раз лучше, чем у лучших сплавов, применяемых для изготавления резцов. Благодаря этому свойству алмаз применяется при бурении горных пород.

Впервые геологи стали использовать натуральные алмазы в бурении для колонковых долот приблизительно в 1910 г., при помощи таких долот делались кольцевые отверстия в породе, через которые извлекали керн – образцы породы для анализа. Впервые алмазные долота ввели для бурения нефтяных скважин в начале 1920 г., с тех пор они широко используются. Для долот используются природные алмазы не технического, а ювелирного качества, которые вытачивают до особого размера и придают правильную, округлую форму.

Исключительная твёрдость алмазов позволяет использовать их при механической обработке самых разнообразных материалов, для протягивания (волочения) тонкой проволоки, в качестве абразива и т.п. [57].

Более половины добычи технических алмазов идёт на изготовление специального инструмента для обрабатывающей промышленности. Применение алмазных резцов и свёрл на обработку цветных и черных металлов, твердых и сверхтвердых сплавов, стекла, каучука, пластмасс и других синтетических веществ даёт огромный экономический эффект по сравнению с использованием твердосплавного инструмента. Чрезвычайно важно, что при этом не только в десятки раз повышается производительность труда (при токарной обработке пластмасс даже в сотни раз!), но одновременно значительно улучшается качество продукции. Обработанные алмазным резцом поверхности не требуют шлифовки, на них практически отсутствуют микротрещины, в результате чего многократно увеличивается срок службы получаемых деталей.

Практически все современные отрасли промышленности, в первую очередь электротехническая, радиоэлектронная и приборостроительная, в огромных количествах используют тонкую проволоку, изготавливаемую из различных материалов. При этом предъявляются строгие требования к круговой форме и неизменности диаметра поперечного сечения проволоки при высокой чистоте поверхности. Такая проволока из твердых металлов и сплавов (вольфрама, хромоникелевой стали и др.) может быть изготовлена лишь с помощью алмазных фильер. Фильеры представляют собой пластинчатые алмазы с просверленными в них тончайшими отверстиями [3].

Широкое применение в промышленности находят и алмазные порошки. Их получают путем дробления низкосортных природных алмазов, а также изготавливают на специальных предприятиях по производству синтетических алмазов [4, 37].

Алмазные порошки находят применение на гранильных фабриках, где все самоцветы, и в том числе алмазы, подвергаются огранке и шлифовке, благодаря чему невзрачные до этого камни становятся таинственно светящимися или ослепительно сверкающими драгоценностями, к неповторимой красоте которых никто не останется равнодушным.

Алмазные порошки используются в дисковых алмазных пилах, мелкоалмазных буровых коронках, специальных напильниках и в качестве абразива. Только с применением алмазных порошков удалось создать уникальные свёрла, которые обеспечивают получение глубоких тонких отверстий в твёрдых и хрупких материалах.

В алмазе под действием заряженной частицы происходит световая вспышка и возникает импульс тока. Эти свойства позволяют использовать алмазы в качестве детекторов ядерного излучения. Свечение алмазов и возникновение импульсов электрического тока при облучении позволяет применять их в счётчиках быстрых частиц. Алмаз в качестве такого счётчика обладает неоспоримыми преимуществами по сравнению с газовыми и другими кристаллическими приборами.

В России после открытия якутских месторождений была создана алмазодобывающая промышленность [8]. В значительных масштабах у нас производятся и синтетические алмазы. В настоящее время они находят всё большее применение в разных отраслях хозяйства [4, 37].

Синтезированные алмазы не являются аналогами природных [37]. Это означает, что в лабораторных условиях ещё не разработан способ синтеза алмазов аналогичный тому, который реализуется в природе.

Синтез искусственных алмазов был впервые осуществлен в 1953 г. в Швеции и США, и в 1959 г. в СССР. Однако получаемые в те времена кристаллы алмаза могли быть использованы лишь в качестве абразивного материала, поскольку размеры отдельных кристаллов не превышали 0,8 мм и имели невысокую механическую прочность. Синтез крупных монокристаллов алмаза, который был реализован много позднее, сопряжен с большими сложностями технического и экономического характера. В этом отношении наиболее перспективной для технического применения является шаровидная (диаметром 6-7 мм) лучисто-радиальная форма алмаза или баллас, которая обладает прочностью даже более высокой, чем монокристаллы алмаза и наиболее проста в получении [4, 37]. Вследствие этого основные усилия научного коллектива были направлены на синтез этой модификации, которая и была в 1963 г. впервые в мире получена на кафедре физики и химии высоких давлений.

Испытание синтетических балласов в буровой технике показало их высокую эффективность при проходке скважин в разнообразных грунтах, но особенно широко синтетический баллас применяется сейчас для изготовления волок в производстве проволоки.

Наряду с отработкой методов синтеза алмазов проводятся исследования физико-химических свойств получаемых веществ и изучение механизма их синтеза. Последняя проблема представляет наибольший научный интерес.

В настоящее время существует три основных варианта рассмотрения механизма образования алмаза – наиболее простой, описывающий кристаллизацию алмаза из расплава графита в РТ области стабильности алмаза (> 100 кбар ~ 2000ºС) и два дискуссионных варианта – кристаллизация алмаза из раствора графита в металле – «катализаторе» и фазовый переход графита в алмаз в твёрдой фазе в присутствии металлов – «катализаторов». Оба последних процесса протекают в более мягких условиях (40-60 кбар, 1400-1600ºС) по сравнению с «прямым» фазовым переходом. Исследования механизма алмазообразования по дискуссионным вариантам, проведенные на кафедре, показали их равновероятность. Реализация на практике того или иного механизма будет определяться природой углеродсодержащего сырья (например, его склонностью к графитизации), или природой металла катализатора, например, способностью к карбидообразованию и устойчивостью карбидных форм в РТ области синтеза алмаза или какими-либо другими причинами.

Первые оценки условий превращения графита в алмаз, сделанные О.И. Лейпунским (1948), показали, что такой переход возможен при давлении Р= 6 ГПа и температуре Т=2300ºК. В настоящее время алмазы синтезируются с применением различных технологий, определяемых фазовой диаграммой углерода в координатах давление – температура (Р-Т) в области термодинамической устойчивости алмаза при Р>4ГПа, T>1270ºК; в метастабильных для алмаза условиях при Р от 1 до 100 ГПа и Т от 870 до 1070ºК. В первом случае синтез происходит в конденсированной фазе (давления либо статические, либо динамические). Во втором случае образование алмазов происходит в результате конденсации углерода из газовой фазы [74].

Таким образом, благодаря уникальным свойствам, и, прежде всего, необычайной твёрдости и устойчивости к изнашиванию, природные и искусственные алмазы находят широкое применение в современных технологиях и механизмах. Но наиболее известным и популярным остаётся использование природных алмазов для изготовления бриллиантов и ювелирных украшений. Алмазы по-прежнему остаются наиболее покупаемыми ювелирными камнями. В последние годы Россия удерживает рекордные позиции по добыче алмазов (Приложение 5). Только в 2006 г. Россия экспортировала алмазов на сумму 1,7 млрд. долларов, из них 78% - в страны Евросоюза [69].

Сейчас уже хорошо известно, что алмаз представляет собой модификацию углерода высокого давления. Технические алмазы сейчас получают при огромных давлениях (40-60 тысяч атмосфер) и температурах, т.е. при условиях, близких к природному процессу формирования алмазов с точки зрения мантийной теории происхождения алмазов.

Однако, в ходе исследования нам удалось выяснить, что мантийная теория не является основной в научных взглядах на проблему происхождения алмазов. Более того, описаны факты и процессы, которые противоречат основным положениям этой теории. На сегодняшний день не существует ни одной гипотезы, которая бы в полной мере и научно достоверно описала процесс природного образования алмазов.

В то же время, все физико-химические свойства алмазов подробно изучены и описаны в научной литературе. Уникальные свойства алмазов позволяют использовать эти минералы в различных отраслях хозяйства. Самые чистые и крупные алмазы имеют большую ювелирную ценность.

2. Ресурсы и добыча алмазов.

2.1. Из истории открытия алмазных месторождений.

История находок алмазных месторождений очерчивает небольшие территории, расположенные в пределах древних докембрийских платформ. Своими алмазными месторождениями в разные годы были известны Индия (Голконда), Южная Африка, Бразилия, Австралия, Якутия и север европейской части России.

Когда именно начали добывать алмазы в Голконде – точно неизвестно. Первая в истории алмазная лихорадка имела колоссальные масштабы, правда, находилась под жёстким контролем местных правителей. К XVI в. индийские месторождения, разрабатываемые около 2 тыс. лет, истощились. В Индии были найдены крупные алмазы, получившие мировую известность – «Шах», «Кохинур», «Регент», «Орлов», «Дерианур», «Санси», «Хоуп», «Флорентиец», «Зелёный Дрезденский» [14, 29].

Второй после Индии страной, где были открыты месторождения алмазов, стала в XVIII в. Бразилия, находившаяся тогда под властью португальских колонизаторов. В местах находок первых камней велась активная разведка, а в 1730 г. богатый алмазоносный район Серру-ду-Фриу был объявлен собственностью португальской королевы. По соседству старатели основали поселение, в дальнейшем известное как Диамантино (Алмазное). За пользование алмазоносной землёй была введена высокая арендная плата, добыча камней облагалась налогом. В 1772 г. все бразильские месторождения объявили государственными. В 1822 г., когда страна обрела независимость, алмазные копи и рудники отдали в руки частных владельцев [29].

Открытие бразильских месторождений развенчало миф об уникальности индийских алмазов и побудило учёных заняться геологическими поисками в других странах. Например, известный естествоиспытатель Александр фон Гумбольдт в 1829 г. предпринял путешествие по Уралу и Алтаю. Он был уверен, что сумеет найти в России алмазы, так как, по его мнению, золото- и платиноносные россыпи Урала имели большое геологическое сходство с бразильскими. Хотя ему не удалось осуществить свои планы, 3 алмаза на Урале всё же были найдены в том же году. В следующем году на Урале обнаружили ещё 26 камней, которые вместе весили всего чуть более 14 каратов. Однако открытие крупных уральских месторождений алмазов так и не состоялось.

Как ни старались учёные умы предсказать возможные места залегания алмазов, новые крупные месторождения открывались всё так же случайно. Не стала исключением и Южная Африка. В 1867 г. некто Джон О'Релли, торговец и охотник, во время очередного путешествия обнаружил алмаз весом в 22,5 карата. Вскоре было открыто самое богатое алмазами место на Земле – в долине р. Оранжевой. Затем был обнаружен знаменитый алмаз «Звезда Южной Африки» весом 83,5 карата, по чистоте и блеску не уступавшая индийским камням. Находки следовали одна за другой.

В 1869 г. партии старателей отправились по унылым степям к р. Вааль, впадающей в Оранжевую. Алмазы находили среди гальки, выброшенной волнами на берег. Вскоре на открытой равнине, находящейся на значительном расстоянии от реки, были открыты кимберлитовые алмазоносные трубки – основной коренной источник алмазов на Земле. Своё название они получили за характерную форму и по наименованию одной из копей в местечке Кимберли. Название другой копи – «Олд-де-Бирс» – тоже стало знаменитым: сейчас имя «Де Бирс» носит международная корпорация, контролирующая практически всю мировую добычу алмазов [13]. Но в 60-70-х гг. XIX в. монополии ещё не существовало, и строго соблюдались английские колониальные законы и права, одним из которых было право частной собственности. Независимые старатели столбили участки или перекупали их, внося правительству ничтожную арендную плату (2,5 доллара в месяц за участок) [29, 47].

В те времена рабочая шахта напоминала большой колодец, стенки которого, как паутиной, были опутаны бесчисленными белыми нитями – отполированными от постоянного использования железными тросами. По ним со дна копи поднимали наверх вёдра с глиной. После её разборки или промывки добытые алмазы тут же сбывали скупщикам. По мере углубления шахт, особенно когда они превышали 25-метровую отметку, часто случались затопления и обвалы, что сильно усложняло дальнейшую работу. А некоторые участки на несколько месяцев становились вообще недоступными.

Общий доход с приисков был колоссальным, и это пробудило интерес в финансовых кругах. Наступало время крупных объединений. В 1880 г. два британца, Сесил Роде и Чарлз Радд, скупили участки старателей вблизи фермы Де Бирс и основали компанию «De Beers Mining Company» (Горнорудная компания «Де Бирс»). К 1888 г. основные алмазные копи Южной Африки, дававшие 90% мировой добычи, были скуплены Родсом на деньги финансового дома Ротшильдов и объединены. В 1929 г. директором «Де Бирс» стал энергичный предприниматель Эрнст Оппенгеймер. Ему удалось упрочить положение «Де Бирс» как алмазной монополии и стать настоящим «алмазным королём» От него компания перешла к сыновьям, а затем и к внукам. «Де Бирс» всегда была первой там, где открывались новые богатые месторождения алмазов, под чьим бы экономическим и юридическим контролем они ни находились [13].

Поиски новых месторождений алмазов в XX в. проводили профессиональные геологи. В 1949 г. были открыты промышленные россыпи алмазов, а в 1954 г. – первая алмазоносная кимберлитовая трубка «Зарница» в Якутии [1, 44, 63]. «Де Бирс» начала контролировать якутские месторождения с 1959 г., когда заключила с советским правительством первое соглашение о поставке алмазов. Якутские кимберлитовые трубки отличаются весьма высоким содержанием алмазов в руде и большой долей ювелирных (высококачественных) кристаллов. Благодаря им Россия занимает одно из ведущих мест в мировой добыче алмазов [18, 27].

На основе геологического прогноза в 1978 г. в Австралии на базе открытых в XIX в. алмазных россыпей были обнаружены богатые коренные месторождения – алмазосодержащие лампроитовые трубки. Эта находка имела огромное значение для экономики страны [29].

В истории поисков, открытия и разработки месторождений алмазов в России можно выделить два основных периода. Первый охватывает весь XIX и начало XX в. В то время старатели искали преимущественно алмазоносные россыпи и полагались при этом не на научные знания, а на собственный опыт или просто на удачу [1]. (В Индии, Бразилии и в других регионах самые ранние находки алмазов также связаны с россыпями.)

Первый алмаз на территории России был обнаружен 5 июля 1829 г. на золотых приисках, расположенных вблизи Бизертского завода в Пермской области. Однако планомерные поиски этого драгоценного камня в нашей стране начались только в 1937 г. К сожалению, итогом широкомасштабных работ, проведённых на Среднем Урале, стало открытие лишь небольших, очень бедных алмазоносных россыпей. Поиски пришлось прекратить.

Второй этап начался в первой половине XX в., и в основе его лежал совершенно иной подход – научный прогноз. Использование нового метода принесло блестящие результаты: в 1954-1955 гг. была открыта одна из крупнейших в мире Якутская алмазоносная провинция, а спустя 20 лет – Архангельская провинция, масштабы которой, возможно, превзойдут в будущем все известные в мире алмазоносные территории [2, 11, 16].

В 40-е гг. перед геологической службой страны стояла задача найти богатые месторождения алмазов. В те годы в Советском Союзе ещё не были известны коренные месторождения алмазов, учёные провели сравнительный анализ геологических особенностей алмазоносных районов Южной Африки с близкими по строению областями СССР.

Геологи установили, что наибольшее сходство с Южной Африкой имеет территория Сибирской платформы между реками Енисеем и Леной. Тогда же на севере этого района были обнаружены горные породы, которые по составу и строению очень напоминают алмазоносные кимберлиты Южной Африки. Прежде в юго-западной части Сибирской платформы, на территории Енисейского кряжа, случались единичные находки алмазов, например в бассейне р. Большой Пит в 1898 г. Однако обнаружить здесь алмазы вторично удалось только в 1937 г. Всё свидетельствовало о том, что более перспективными могут оказаться районы, расположенные севернее и северо-восточнее Енисейского кряжа.

В послевоенные годы в Сибирь была направлена Тунгусская геолого-разведочная алмазная экспедиция. Отряды геологов работали в бассейне р. Тунгуски, и весной 1948 г. они нашли первый сибирский алмаз. Эта находка подтверждала прогноз учёных о хороших перспективах Сибирской платформы для поисков алмазов. Но богатых россыпей и коренных месторождений открыть не удалось. Тогда в район поисков решили включить центральную часть Сибирской платформы и главное внимание уделить бассейну р. Вилюй, не прекращая, однако, работ на Тунгуске.

7 августа 1949 г. геологи поисковой партии Файнштейна в среднем течении р. Вилюй на широких песчано-галечных косах обнаружили первый кристалл, а к осени их число достигло 25. Это была неслыханная удача! Ведь нигде на территории России не находили сразу столько алмазов, и к тому же за один полевой сезон. Для скорейшего открытия месторождения центр геологических работ перенесли с Тунгуски на Вилюй. В 1950 г. в эти места была направлена специальная поисковая Амакинская экспедиция. Уже в сезоны 1950-1951 гг. партия Белова обнаружила несколько россыпей алмазов, и все они находились в среднем течении р. Мархи [1, 29].

Так как коренных месторождений алмазов на севере и в центральной части Сибирской платформы найти не удавалось, была высказана следующая гипотеза: коренные источники алмазов находятся южнее и, возможно, располагаются в пределах Патомского нагорья. Эта гипотеза отрицала саму возможность существования коренных месторождений алмазов в центральной и северной частях Сибирской платформы.

Но геологические изыскания на Сибирской платформе не прекращались. И наконец, в верховьях притоков Вилюя и Оленёка были обнаружены алмазы. Благодаря этим находкам стало ясно, что искать источники россыпных сибирских алмазов следует не на Патомском нагорье, а в пределах Оленёкско-Вилюйского междуречья.

В 1953 г., изучая речные отложения в верхнем течении р. Мархи, геологи обнаружили во всех пробах повышенное количество кроваво-красного граната – пиропа, который является постоянным спутником алмаза. Позднее профессор Ленинградского университета А.А. Кухаренко сделал вывод о полной идентичности сибирских пиропов и аналогичных минералов из алмазоносных кимберлитов Южной Африки. Это означало, что на тех участках, где встречены пиропы, и надо искать алмазоносные породы.

В 1954 г. отряд геологов под руководством Л. Попугаевой начал поисковые работы на р. Далдын, притоке Мархи. Экспедиция медленно перемещалась вверх по течению, через каждые 500 м отбирались пробы. 21 августа 1954 г. была открыта первая в СССР коренная алмазоносная порода. Детальные исследования показали, что порода заполняет трубообразное вулканическое тело – трубку взрыва, которая получила название «Зарница».

Геологические отряды Амакинской экспедиции продолжали обследовать другие притоки Вилюя. В августе 1953 г. первый кристалл алмаза нашли на р. Малая Ботуобуя. Весной 1954 г. исследование пород подтвердило не только наличие в бассейне этой реки алмазов, но и то, что алмазоносность здесь необычайно высока. Из пробы объёмом 100 м3 извлекли 91 кристалл. Хотя это была ещё не промышленная залежь, такого количества алмазов одна россыпь прежде никогда не давала [29].

Анализ проб по р. Ирелях – левому притоку Малой Ботуобуи – показал, что коренные месторождения алмазов должны находиться именно в её пределах. 13 июня 1955 г. геолог Ю.И. Хабардин нашёл кимберлитовую трубку взрыва. Её назвали «Мир» [69]. В 1957 г. приступили к разведке глубоких горизонтов. Начали бурить скважины, строить штольни и шахты. Организованный в те годы трест «Якутскалмаз» ежегодно в нарастающих масштабах вёл добычу драгоценного минерала.

Третье коренное месторождение алмазов было открыто В.Н. Щукиным всего двумя днями позже трубки «Мир». Эта трубка получила название «Удачная». В 1967 г. её сдали в промышленную эксплуатацию. В 1970 г. рядом с трубкой «Зарница», расположенной в 12 км от «Удачной», начали строить горно-обогатительный комбинат [44, 65].

Новые алмазоносные районы были обнаружены на севере Сибирской платформы и в бассейнах рек Анабар и Оленек. Здесь найдены и россыпи алмазов, и коренные залежи. В январе I960 г. геологическая партия под руководством В.Т. Изарова открыла алмазоносную трубку взрыва «Айхал», что по-якутски означает «слава». Вскоре рядом с месторождением началось строительство обогатительной фабрики и города. Уже через год обогатительная фабрика стала поставлять первые алмазы.

После этого ещё долгое время промышленных месторождений алмазов обнаружить не удавалось. Только летом 1969 г. вблизи города Мирного была найдена трубка взрыва, которая получила название «Интернациональная». Спустя год началось её промышленное освоение [1, 63].

Возможность открытия алмазов в «полуночных землях» России предсказал ещё основоположник русской горной науки, минералогии и химии М.В. Ломоносов в своём трактате «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.).

В архивных материалах имеются упоминания о находке алмаза в XVIII в. на р. Северная Двина вблизи дер. Орлецы. Поскольку сообщалось, что алмаз огранили, он, по-видимому, был довольно крупным, ведь мелких камней тогда гранить не умели. Однако нет полной уверенности, действительно ли найденный камень являлся алмазом. Сведения о дальнейшей судьбе этого алмаза отсутствуют. Не исключено, что обнаружен был не алмаз, а, скажем, крупный кристалл кварца. В то время за алмаз нередко принимали кварц, топаз и некоторые другие минералы [29].

Однако эти сведения явились, возможно, основанием для гениального предвидения М.В. Ломоносова, высказанного в книге «О слоях земных»: «... в севере... не можем сомневаться, что могли произойти алмазы... и могут отыскаться». Пророчество его сбылось в 1980-х гг., когда было открыто первое в Европе коренное месторождение алмазов на Зимнем берегу, названное именем М.В. Ломоносова [50, 59].

Со времён находки первого алмаза (кварца) прошло около 200 лет, прежде чем признаки алмазоносности региона были обнаружены. В 1950-х гг. на Мезенской Пижме в русловых отложениях при геологической съёмке были найдены одиночные кристаллы алмаза и его минералов-спутников. Имеются сведения и о находках нескольких мелких алмазов на Ветреном Поясе в эти годы. Существенным вкладом в изучение проблемы алмазоносности стало открытие Нёнокской геолого-съёмочной партией на Онежском полуострове, в районе с. Нёнокса (1967-69 гг.), четырёх первых в европейской части России трубок взрыва, сложенных щёлочно-ультраосновными породами, родственными кимберлитам. Одна из них – «Лывозеро» – была вскрыта скважиной ещё в 1936 г., вулканическая природа слагающих её пород была правильно определена Н.Ф. Кольцовым (1937). Нёнокские трубки алмазов не содержат, однако их открытие явилось важнейшим стимулом для продолжения работ по исследованию алмазоносности Юго-Восточного Беломорья [11, 50]. К концу XX в. известно уже около 30 трубок взрыва, но они, к сожалению, оказались неалмазоносными. Такие же трубки обнаружены на Кольском полуострове в районе Кандалакшского залива [18, 35].

В 1974 г. на Зимнем берегу Кулойская геолого-съёмочная партия выявила в русловых отложениях и пляжевых песках Белого моря гранаты, в 1975 г. они диагностированы как пиропы - генетические спутники алмаза. В 1975 г. на р. Мела обнаружены своеобразные породы, определённые к весне 1977 г. В.К. Соболевым как кимберлиты. В том же году найдены 2 кристалла алмаза в отложениях урзугской свиты на р. Падун. Аэромагнитная съёмка, проведённая Беломорской партией под руководством Г.З. Гриневецкого, выявила несколько десятков локальных магнитных аномалий т.н. «трубочного типа». При бурении на месте одной из них была найдена брекчиевая порода, похожая на кимберлит. Она содержала индикаторные минералы – пироп, хромшпинелид, хромдиопсид. Товской геолого-съёмочной партией в начале 1980 г. вскрыта первая в регионе кимберлитовая трубка, её назвали Поморской. В 500-килограммовой пробе керна скважины обнаружили 39 алмазов. Рядом с Поморской в 80-х гг. открыты новые трубки – Ломоносовская, Архангельская, Карпинская, Снегурочка, Пионерская и др.

В самом начале поисковых работ, ещё до открытия коренных источников, известный исследователь кимберлитовых минералов В. Соболев обратил внимание на необычную форму кристаллов алмаза, встречающихся в Архангельской области. Они имели округлые очертания, чем отличались от алмазов Якутии. Для алмазов месторождения имени Ломоносова, особенно для крупных экземпляров, характерны кривогранные кристаллы ромбододекаэдрической формы. Среди мелких алмазов (менее 0,5 мм в поперечнике) преобладают плоскогранные октаэдры. Во всех трубках содержание таких алмазов не опускается ниже 80% – как по количеству, так и по массе. В этом отношении архангельские алмазы не имеют аналогов среди собратьев из коренных месторождений Якутии и, по-видимому, мира, за исключением лампроитового месторождения Аргайл в Австралии [12].

2.2. Ресурсы и добыча алмазов в мире.

Ввиду ценности и уникальности алмаза, его геология постоянно исследуется, а география изучается и расширяется. На сегодняшний день известно не так уж много, по сравнению с другими породами, месторождений. Находки алмазов, как правило, соответствуют древним структурам земной коры на всех континентах, исключая Антарктиду (Приложение 6).

Рассмотрим основные районы добычи алмазов.

Африка. Африканский континент известен как классическая область распространения коренных алмазовмещающих пород-кимберлитов (Приложение 7). Коренные и россыпные месторождения Африки занимают первое место в мире по размерам добычи алмазов. Наиболее важные алмазоносные районы располагаются в Южной, Западной и Восточной Африке. Основные страны, в которых добываются алмазы это: Ботсвана (19% мировой добычи алмазов), Демократическая Республика Конго (17%), ЮАР (8%), Ангола (4%), а также алмазы добываются в Танзании, Намибии, Гане, Гвинее и Сьерра-Леоне [22].

Австралия. Алмазы в Австралии были открыты раньше, чем в Африке (в 1851 г.), но добыча здесь никогда не была велика и, с промышленной точки зрения, австралийские месторождения являются второстепенными. Приурочены они к западной и южной частям Австралийского материка (Приложение 8). Хотя на мировой рынок Австралия поставляет 20% алмазов.

Индия. Алмазы из россыпных месторождений Индии добывают в течение многих столетий. Коренные месторождения алмазов долго были неизвестны, хотя некоторые исследователи считали, что они могли быть связаны с породами из вулканических некков Ваджра – Карура. В 1930-х гг. в Индии открыты трубообразные тела, сложенные брекчиевыми породами, весьма сходными по составу с африканскими и сибирскими кимберлитами (Приложение 9). В пределах Индостана известны 3 алмазоносных района: южный располагается в бассейнах рек Кистна, Пеннер и нижнего течения р. Годавари в провинции Мадрас; центральный – в бассейне рек Брахмани, Маханади и верхнего течения р. Годавари в провинции Бихор, Орисса и штате Нагпур; северный – в Бундельканде на междуречье Сон-Сонар. Следует отметить, что коренные месторождения алмазов в Индии были обнаружены только в 1930 г. К.П. Сайнором. В последнее время объём добычи невелик.

Северная Америка. История открытия месторождений алмазов в Северной Америке насчитывает несколько десятков лет. Коренные месторождения алмазов Северной Америки (штат Арканзас) по своему строению и составу вполне сходны с коренными месторождениями Южной Африки. Добыча алмазов незначительна: с 1906 по 1920 гг. было найдено всего 3 тыс. камней средним весом 0,4 карата. Наиболее крупный алмаз – уплощенный октаэдр весил 40,22 карата. В последние 20 лет интенсивные геолого-разведочные работы по поиску алмазов ведутся в Канадской алмазоносной провинции (Приложение 6). Это одно из колоссальнейших в мире базальтовых плато. В весовом отношении Канада добывает 7% всех алмазов в мире (Приложение 5) [22, 26, 27].

Южная Америка. В Южной Америке алмазы встречаются в Бразилии (в 1725 г. были найдены первые алмазы), а также в Венесуэле и Гайане (Приложение 6). Но объём добычи алмазов в этих районах пока невелик. Хотя Южная Америка в последнее время считается одним из самых перспективных районов в мире.

Европа. На территории Европы (без России), как указывает В.С. Соболев, отдельные находки алмазов были зарегистрированы, однако коренных алмазоносных пород не найдено. В Чехии имеются содержащие пиропы вулканические породы, которые по своей форме проявления в земной коре напоминают трубки сибирских кимберлитов. В дальнейшем на территории Чехии были найдены 3 кристалла алмаза (первый в 1869 г., второй в 1927 г. и третий в 1959 г.). Теоретически алмазы могут быть обнаружены на территории Скандинавии.

Другие страны мира. Также незначительные месторождения алмазов есть в таких странах, как Индонезия и Китай. Но добыча алмазов в этих странах постоянно расширяется, особенно в Китае [76].

2.3. Ресурсы и добыча алмазов в России.

Россия занимает одно из ведущих мест в мире по запасам алмазов, которые заключены в 51 месторождении (19 коренных и 32 россыпных). Они обнаружены в Якутии, Архангельской и Пермской областях (Приложение 10). Почти 95% сосредоточено в коренных месторождениях (кимберлитовых трубках), из них более 80% в 4 наиболее крупных: «Удачная», «Мир», «Юбилейная» (Якутия), им. Ломоносова (Архангельская область) [50]. Около 5% запасов сосредоточено в аллювиальных россыпях. Другие типы месторождений (ударно-метаморфическое Попигайское) не освоены. В перспективе выявление коренных месторождений алмазов на Русской платформе (Карелия, Воронежская, Мурманская, Ленинградская, Тверская области), на Урале и в других регионах [18].

2.3.1. Алмазы Сибири и Урала.

Первый, самый крупный по запасам, находится в Якутии, в пределах Сибирской платформы, в бассейне Вилюя, в верховьях рек Анабар, Оленёк и Марха и в бассейне Алдана (Приложение 10). Здесь известен целый ряд коренных месторождений алмазов кимберлитового типа, так называемых кимберлитовых трубок, образовавшихся в результате интрузии трапповой магмы. Всего в Якутии выявлено около тысячи подобных трубок, и только на нескольких из них сосредоточены основные промышленные запасы 82,3% запасов и 99,7% добычи [18]. Кроме коренных, в Якутии встречаются россыпные месторождения: делювиальные и аллювиальные (террасовые и долинные). Они образовались в процессе длительного разрушения и переотложения коренных алмазообразующих пород. Среди долинных россыпей имеются шлейфовые, намывные и русловые. Однако, несмотря на обилие россыпей, разрабатываются в основном коренные месторождения, на которых добывается более 95% всех алмазов России [18, 50].

В пределах Якутии выделено 12 алмазоносных районов. Промышленное значение имеют три из них: Далдыно-Алактинский (коренные месторождения), Мало-Ботуобинский (коренные и россыпные), Анабарский (россыпные).

Широкую известность получила кимберлитовая трубка «Мир». Она обнаружена геологами Амакинской экспедиции Иркутского геологического управления в июне 1955 г., в юго-западной части Якутии, в пределах Мало-Ботуобинского алмазоносного района, вблизи границы Иркутской области. Размеры трубки в поперечнике около 500 м. На ее поверхности кимберлиты представляют собой выветрившуюся обломочную массу, переходящую на глубине нескольких метров в плотное каменное тело. Трубка прорывает доломиты нижнеордовикского возраста и заполнена кимберлитовым туфом с многочисленными включениями алмазов, пиропа, ильменита и других минералов-спутников (Приложение 1). Концентрация алмазов здесь выше, чем в других трубках Вилюйского плато. Их размеры варьируют от небольших (0,5-1,0 карат) до довольно крупных (свыше 50 карат). Около 80% всех добытых на этом месторождении алмазов имеют массу до 10 мг (около 5 карат). Здесь 23 декабря 1980 г. был найден крупнейший в России алмаз «XXVI съезд КПСС», он весит 342,5 карата (более 68 г) (Приложение 3,4) [69, 73].

Второй алмазоносный район находится на Северном Урале, где в середине XX в. были открыты россыпные месторождения с промышленной концентрацией алмазов. Россыпи здесь сравнительно небольшие в Пермской области – 0,1% запасов и 0,3% добычи. Образовались они в результате разрушения алмазосодержащих ультраосновных массивов. Генетический тип коренного источника точно не установлен. Но алмазы Северного Урала имеют в большей части ювелирное значение отсюда можно заделать вывод, что алмазоносные породы имеют древний возраст и сложены кимберлитами схожими с якутскими и южно-африканскими [18].

Третий алмазоносный район открыт сравнительно недавно. Расположен он в пределах Архангельской области (Приложение 10), где разведаны коренные месторождения алмазов, относящихся к кимберлитовому генетическому типу, – 17,5% запасов [12, 18].

Также алмазы были обнаружены в Иркутской, Ярославской области и некоторых других районах страны (Приложение 10). По данным АК «АЛРОСА», перспективной на алмазы является большая часть Европейской России [75]. По разведанным запасам алмазов Россия занимает первое место в мире. Прогнозные ресурсы алмазов в 3-4 раза превышают разведанные запасы, что обеспечивает благоприятную перспективу развития алмазодобывающей отрасли страны. Более половины общероссийских запасов алмазов сконцентрированы на крупных коренных месторождениях – трубки «Удачная», «Мир», «Интернациональная», «Сытыканская», «Юбилейная» и «Айхал» в Западной Якутии.

Якутская алмазоносная провинция расположена в Западной Якутии, в бассейне рек Вилюй, Мука, Оленек и др. Первые алмазы обнаружены в 1949 г., на р. Вилюй, первое коренное месторождение алмазов трубка «Зарница» открыто в 1964 г., трубка «Мир» – в 1955 г. Высокоалмазная трубка «Мир» занимает по содержанию алмазов второе место в мире (после лампроитовой трубки Аргайл в Австралии). Трубка «Мир» отработана карьером до глубины 525 м. Открытые горные работы на трубке прекращены с 1 мая 2001 г., а рудник находится на консервации для подготовки подземной отработки более глубоких горизонтов – поскольку разведано, что глубина залегания алмазов в «Мире» превышает километр [69].

Якутская алмазоносная провинция охватывает центральную часть Сибирской платформы. Выделены алмазоносные районы: Далдыно-Алакитский, Малоботуобинский, Анабарский и др. В составе этих районов расположены кимберлитовые поля с кустообразным или цепочечным размещением трубок взрыва (диатрем). На поверхности трубки имеют форму эллипса размером от нескольких, до 600 м в диаметре, в разрезе – конусообразные, обращенные конусом вниз. Главные породообразующие минералы кимберлитов – оливин и флогопит, характерные сопутствующие минералы – пикроильменит, пироп, хромшпинелиды. Алмаз, хромдиопсид, циркон встречаются в виде редких, рассеянных в породе зерен.

Россыпные месторождения тесно связаны с коренными. В Якутии увеличивается добыча алмазов из россыпей в связи с освоением месторождения Эбелях [7]. Большинство алмазов бесцветные. Кристаллы в основном мелкие, но встречаются и сравнительно крупные. В Якутии найдены самые крупные в нашей стране алмазы – только огромных камней, вес которых превысил 100 карат, было около двух десятков [69]. Самый крупный алмаз - имени XVI съезда КПСС – имел массу 342,5 карат и найден 14 января 1981 года.

Разведанные и утвержденные запасы алмазов в России кратно превышают запасы промышленных категорий, погашенные алмазодобывающими предприятиями за весь период существования в Якутии алмазной отрасли (с января 1957 г. и по настоящее время) Реализация прогнозных ресурсов кратно увеличит месторождения разведанных алмазов. В данный момент существующая прогнозная оценка алмазных ресурсов намного занижает реально существующие запасы алмазов в земной коре на территории Российской Федерации. Так, в Западной Якутии открыта новая кимберлитовая трубка, обещающая стать крупным источником добычи алмазов. Это уже второе алмазное месторождение, обнаруженное в этом районе. В 1994 г. была найдена алмазоносная трубка «Ботуобинская». Велика вероятность открытия алмазных трубок в Красноярском крае.

Алмазы Иркутской области. Перспективы открытия алмазоносных районов сохраняются в пределах Сибирской платформы. Систематические геолого-разведочные работы на севере Иркутской области, в Красноярском крае и Якутии начались ещё в 40-х гг. ХХ в. Прогнозы вероятной алмазоносности данной территории опирались в те годы на её геолого-структурное сходство с крупнейшим алмазоносным районом Южной Африки. Вскоре в пределах Иркутской области, в террасовых и русловых отложениях притоков Нижней Тунгуски и среднего течения Ангары, были найдены первые алмазы и их спутники: пироп (магнезиально-железистый гранат ярко-красного цвета), хромдиопсид (изумрудно-зеленый магнезиально-железистый силикат) и пикроильменит (титановый железняк). Чуть позже кристаллы алмазов обнаружили в речных отложениях Вилюя и Малой Ботуоби [10].

Находки указывали на наличие в Восточной Сибири обширной алмазоносной провинции. Позднее было установлено, что кимберлитовый магматизм этого района имеет несколько геологических уровней: верхнепротерозойский (Присаянье), палеозойский (Якутская алмазоносная провинция), мезозойский (Алданский щит). Наиболее перспективными являются кимберлитовые алмазоносные объекты среднепалеозойского возраста. Надежды на алмазоносность связывают также с мезозойскими лампроитлампрофировыми комплексами Витима, Алдана и Саян.

В пределах Сибирской платформы выделено 6 алмазоносных субпровинций: Присаянская, Ангаро-Тунгусская, Байкало-Патомская, Байкитская, Якутская, Алданская. Первые 3 субпровинции в основном располагаются в пределах Иркутской области. Кроме того, сюда вклинивается южное крыло богатейшей Якутской субпровинции, где открыты крупнейшие в мире кимберлитовые трубки «Мир», «Удачная» и «Интернациональная». К восточной границе области примыкает Алданская субпровинция. В целом геологическое строение территории Иркутской области сходно со строением Якутской алмазоносной субпровинции.

К сожалению, с открытием в 50-х гг. ХХ в. крупных вилюйских месторождений и быстрым развёртыванием на их основе промышленной добычи алмазов центр тяжести поисковых работ переместился на территорию Якутии. Поэтому в пределах Иркутской области поиск промышленных месторождений алмазов приостановился, хотя здесь имеются более благоприятные геологические условия для их залегания, чем в Якутии. Кроме того, на юго-западе Иркутской области имеются другие достаточно перспективные территории, расположенные в зоне сочленения Сибирской платформы с Саяно-Байкальской складчатой областью (Присаянская субпровинция). Есть все основания полагать, что в Иркутской области высока вероятность открытия крупных промышленных месторождений алмазов кимберлитового и лампроитового типов. Не исключена вероятность обнаружения источников алмазов других типов – эклогитов, ультрабазитов, высококалиевых вулканитов [75].

В пределах Иркутской области поиски алмазов возобновились только в 1980-х годах, но охватывали южную часть области (Присаянье) и велись медленными темпами из-за недостаточного финансирования. Всего с начала поисков в Иркутской области найдено около 1,5 тыс. кристаллов алмазов (масса некоторых – до 7,5 карата) и множество минералов-спутников.

В Иркутской области выявлено 4 потенциально алмазоносные субпровинции [10, 18]. В их пределах возможно открытие коренных месторождений кимберлитового и лампроитового типов:

Ангаро-Тунгусская субпровинця. В её пределах находится 4 потенциально алмазоносных района: Нижнетунгусский, Илимо-Катангский, Ия-Ангарский и Прибайкальский. В этих районах изучались небольшие участки бассейнов рек Ерема, Апка и Нижняя Кочема. Обнаруженные здесь кристаллы алмазов приурочены к среднепалеозойскому и мезозойскому периодам. Чуть в стороне от Ангаро-Тунгусской субпровинции, около границы Иркутской области, в междуречье Ангары и Подкаменной Тунгуски, открыто Чадобецкое кимберлитовое поле, к северо-западу от которого выделен Тычанский потенциально алмазоносный район.

Якутская субпровинция. В её состав входят южная часть Мало-Ботуобинского и Верхнечонский алмазоносные районы. Здесь ожидается выявление коренных источников алмазов кимберлитового типа среднепалеозойского возраста.

Присаянская субпровинция. В её пределах выделено два потенциально алмазоносных района: Чуно-Бирюсинский и Окино-Китойский. Поиски велись в бассейнах рек Оки, Ии, Уды, Муры, Ковы, Чуны и Бирюсы. Найдено свыше 500 кристаллов алмазов. Основная их часть приурочена к докембрийскому и среднепалеозойскому циклам кимберлитового магнетизма. В пределах Окино-Китойского района, в верховьях Оки, выявлено кимберлитовое поле.

Байкало-Патомская субпровинция. Она включает в себя часть Патомского (на границе Иркутской области и Якутии) и Мамский потенциально алмазоносные районы. Здесь возможно открытие месторождений алмазов кимберлитового и лампроитового типов.

Таким образом, Иркутская область может стать новым перспективным алмазоносным регионом России, который по своим запасам сможет соперничать не только с Архангельской провинцией, но и с Якутской.

2.3.2. Алмазы Поморья.

Архангельская алмазоносная провинция (ААП), первая в Европе алмазоносная провинция коренных месторождений алмазов, расположенная на северной окраине европейской части России (Приложение 10). Приурочена к северо-западу Русской плиты (часть Мезенской синеклизы) и Балтийского щита (Терский берег Кольского полуострова). Объединяющим признаком подавляющего большинства магматических тел является их залегание в виде трубок взрыва с резко подчинённым развитием силлов и даек. Открыта архангельскими геологами в начале 1960-х гг., включает месторождение алмазов имени Ломоносова и месторождение алмазов имени В. Гриба. Объединяет разнообразные вулканические проявления, развитые вдоль побережья Белого моря: на Зимнем и Летнем берегах Онежского полуострова, Терском берегу Кольского полуострова [59]. Проявления вулканизма приурочены к Беломорской рифтогенной системе (Приложение 11), сформировавшейся в позднем протерозое (1000-1300 млн. л.н.) как узкие линейные поднятия и прогибы северо-западного простирания в древнем архейско-раннепротерозойском (древнее 1650 млн. лет) гранитогнейсовом кристаллическом фундаменте Русской плиты. Прогибы – Кандалакшский и Онего-Двинский грабены, Зимнегорский авлакоген – заполнены мощными (1-4 км) толщами терригенных пород рифея.

В позднедевонскую эпоху (360-375 млн. л.н.) произошла новая активизация: на покрытых густым тропическим лесом равнинах Юго-Восточного Беломорья происходили многочисленные мощные вулканические извержения, образовавшие вулканические трубки. Обугленные фрагменты (щепки) упавших в вулканические жерла деревьев сохранились до наших дней и позволили определить возраст кимберлитовых и других вулканических трубок, а вместе с ним и время позднедевонской интенсивной тектогенно-магматической активизации Беломорья. Многочисленные жерла потухших вулканов сохранились в виде трубок взрыва, которые сопровождаются магматическими телами, выполняющими субвертикальные и межпластовые трещины в осадочных породах [12, 16, 57].

Для ААП характерно исключительное разнообразие петрографических типов магматических проявлений: здесь почти одновременно (по геологическим меркам) происходили внедрения расплавов разного состава, при застывании которых образовались вулканические тела кимберлитов, пикритов, мелилитов, пород промежуточного состава: кимберлитов-пикритов («кимпикритов») и кимберлитов-мелилитов («киммелилитов»), а также толеитовых и субщелочных базальтов. Даже близко расположенные вулканические тела могут сильно различаться по минеральному составу глубинного (мантийного) материала, а по химическим элементам различия исчисляются десятками и даже сотнями [12]. При детальном изучении вулканических пород оказалось, что в каждом из полей Зимнего берега вулканиты от высокоалмазоносных кимберлитов до неалмазоносных мелилититов, пикритов и базальтов занимают определённую часть единого ряда, характеризующегося уменьшением содержания ультраосновных элементов (Mg, Ni, Cr, Co) и увеличением содержания «базальтовых» (Si, Al, Ca, Na, Fe, Sc). Одновременно с уменьшением степени ультраоосновности в вулканических породах уменьшается и содержание глубинного материала (вкрапленников оливина, мантийных ксенолитов и минералов – спутников алмаза), а содержание продуктов кристаллизации расплава в близповерхностных условиях (оливин-2, мелилит и нефелин) увеличивается.

На Зимнем берегу существуют 2 контрастные по присутствию пикроильменита группы кимберлитовых пород: безыльменитовых (глинозёмная серия: кимберлиты – киммелилититы – флогопитовые киммелилититы – беспироксеновые оливиновые мелилититы) и ильменито-вых (железотитанистая серия: кимберлиты – кимпикриты – мелилитовые кимпикриты – мелилитовые пикриты).

Кимберлиты глинозёмной серии образуют Золотицкий куст, состоящий из 10 трубок. Это (с севера на юг): «Первомайская», «Белая», «Кольцовская», имени Ломоносова, «Поморская», «Пионерская», имени Карпинского 1 и 2, «Архангельская», «Снегурочка», из которых наиболее богатые входят в месторождение алмазов имени Ломоносова (Приложение 12), которое в настоящее время активно разрабатывается. Остальные трубки этой серии не алмазоносны, что соответствует общей закономерности. Алмазы содержатся лишь в 8-10% кимберлитовых трубок [71].

Алмазоносные кимберлиты железотитанистой серии представлены пока одной трубкой месторождения алмазов имени В. Гриба, остальные кимберлиты этой серии убогоалмазоносны. Наиболее ультраосновные кимберлитовые породы образовались за счёт дробления и частичного плавления развитых на глубине 100-150 км мантийных дунитов и перидотитов и по составу приближаются к ним. Эти породы являются и самыми алмазоносными.

Распределение вулканитов разнообразного состава по Зимнему берегу имеет закономерный (зональный) характер. В центральной части развиты породы железотитанистой, а по перифирии – глинозёмной серии. Аналогичным образом, вероятно, распределены по площади района на уровне верхней мантии 2 типа глубинного субстрата: в центральной части – обогащенный, по периферии – истощённый. Проявлен и другой тип симметрии – линейный, обусловленный тенденцией уменьшения степени ультраосновности вулканических проявлении в районе с запада на восток от наиболее магнезиальных кимберлитов Золотицкого куста через кимберлиты железотитанистой серии, кимпикриты, киммелилититы к типичным базальтам. Аналогичного типа породы развиты и в других районах ААП.

В Нёнокском районе открыто более 20 трубок, сложенных туффизитами, туфами, туффитами фельдшпатоидных оливиновых мелилититов. Редко встречаются породы эффузивного облика. По соотношению вкрапленников оливина и клинопироксена породы образуют ряд: беспироксеновые оливиновые мелилититы – оливиновые мелилититы – мелилититы. Из глубинного материала присутствуют только редкие зёрна высокоглинозёмистого хромдиопсида и хромшпинелида; пикроильменит и пироп отсутствуют. Породы района неалмазоносны. Первоначальные сведения о находках алмазов и пиропов в трубках взрыва дальнейшими работами не подтвердились [50].

На Терском берегу (Кольский полуостров) известно около 60 трубообразных, дайкообразных и штокообразных тел, сложенных мелилититами, редко слюдяными кимберлитами. Преобладают породы эффузивного облика, реже встречаются вулканокластические породы (туффизиты, ксенотуфы). Размер тел от 10 до 200 м, форма удлинённая, сильно удлинённая, очень редко близкая к изометричной. Породы Терского берега образуют петрографический ряд: слюдяные кимберлиты – кимпикриты – беспироксеновые оливиновые мелилититы – оливиновые мелилититы – мелилититы. Из глубинного материала в кимберлитах присутствуют оливин, отдельные зёрна хромшпинелида, пиропа, хромдиопсида и алмаза. В мелилититах – только редкие зёрна хромшпинелида и хромдиопсида. Две трубки убогоалмазоносны [50].

Геохимические характеристики пород весьма разнообразны, они находятся в соответствии с петрографическим составом пород, в значительной части сходны у кимберлитов и мелилититов. В целом для ААП характерна тесная пространственно-временная и генетическая связь кимберлитового (в т.ч. и продуктивного) вулканизма с мелилитовым и даже базальтовым магматизмом. Следствие этого – присутствие близкорасположенных вулканических объектов с резко отличающимися признаками (в т.ч. и продуктивностью). Родственные кимберлитам породы – беспироксеновые оливиновые мелилититы и беспироксеновые щелочные пикриты – имеют поисковое значение: могут быть индикаторами присутствия в одном с ними районе генетически с ними связанных алмазоносных кимберлитов [58, 59].

Месторождение алмазов имени Ломоносова, первое в мире коренное месторождение округлых алмазов и единственное в Европе коренное месторождение алмазов. Находится на Зимнем берегу, в 90 км на северо-северо-восток от Архангельска, в пределах Золотицкого поля кимберлитовых трубок Архангельской алмазоносной провинции [50]. В месторождение входят 5 кимберлитовых трубок с промышленными запасами алмазов: Ломоносова имени трубка взрыва, «Пионерская», Карпинского имени трубки взрыва 1 и 2, «Архангельская» и одна с забалансовыми запасами – «Поморская». Приурочено к северо-западной окраине Русской плиты в зоне её сочленения с Балтийским щитом и расположено в пределах Товского выступа Зимнегорского авлакогена. Глубина залегания кристаллического фундамента около 1 км (Приложение 12, рис.9б). Вмещающие породы песчано-глинистые слаболитофицированные валдайской серии венда, а перекрывающие – рыхлые четвертичные образования или терригенно-карбонатные отложения среднего карбона мощностью 30-60 м. Площади трубок под ними варьируют от 6 до 37 га. По этому показателю «Пионерская» относится к весьма крупным, «Поморская» – к средним, а остальные – к крупным.

Трубки изучены на глубине до 1 км. Кимберлитовые тела представлены типичными трубками взрыва. Разведано скважинами колонкового бурения, на «Поморской», имени Карпинского 1 и 2 и «Архангельской» пройдены подземные горные выработки. Запасы алмазов по промышленным категориям подсчитаны до глубины около 500 м от поверхности, прогнозные ресурсы определены до глубины 1 км. Разведанных запасов достаточно для работы крупного горно-обогатительного предприятия на десятки лет. В процессе разведки добыто несколько десятков тысяч карат алмазов для их изучения и стоимостной оценки.

Кимберлитовые породы характеризуются низким и средним уровнями алмазоносности при неравномерном распределении алмазов как в горизонтальном, так и в вертикальном сечениях. В целом трубки относятся к телам с крупными алмазами, выход ювелирных камней составляет около 45%. Количество округлых (кривогранных) алмазов в трубках достигает 70%. Ранее подобные алмазы находили только в россыпях. По морфологии преобладают кристаллы додекаэдрического габитуса, в меньших количествах присутствуют ромбододекаэдры и кубы. По окраске до 90% алмазов бесцветные или со слабым нацветом, устойчиво содержание кристаллов с жёлтой и зелёной окраской (до 3%), количество розовых и фиолетовых камней достигает 0,2%, остальная часть приходится на коричневые и серые, в одной из трубок встречены чёрные алмазы. Прозрачность кристаллов высокая или средняя, количество непрозрачных не превышает 3%. Запасы алмазов утверждены ГКЗ 19.6.1987. Постановлением Правительства РФ от 20.3.1992 № 180 одобрено создание АО «Поморалмаз» (в дальнейшем ОАО «Севералмаз») по добыче, сортировке, гранению алмазов и изготовлению алмазного инструмента с алмазным напылением на режущих кромках. В 1997 г. «Севералмаз» завершило на трубке имени Ломоносова испытание метода скважинной гидродобычи кимберлитов. На трубке имени Карпинского-1 к 1998 г. закончено бурение скважины диаметром 4 м. На трубке «Архангельская» начата проходка карьера для открытой разработки. Методы скважинной гидродобычи и выбуривание кимберлитов скважинами сверхбольшого диаметра признаны нецелесообразными для промышленной отработки месторождения [16, 66].

Месторождение алмазов имени Владимира Гриба, второе коренное месторождение алмазов Архангельской алмазоносной провинции. Расположено на Зимнем берегу, приурочено к одноимённой кимберлитовой трубке, открытой 19.2.1996 при поисковых работах МОАО «Алмазный берег». Месторождение находится на западе Мезенского района вблизи оз. Волчье, в 115 км к северо-северо-востоку от Архангельска, в 25 км к северо-востоку от месторождения алмазов имени Ломоносова. К концу 2005 г. завершены разведочные работы. Площадь 16,4 га, макс. глубина вскрытия скважинами 1024 м. Промышленные запасы алмазов категорий Cj+Cj утверждены ГКЗ 24.8.2005 до глубины 1010 м от дневной поверхности. Прогнозные ресурсы оценены до глубины 1210 м. В плане трубка имеет ромбовидно-округлую, незначительно вытянутую в северо-восточном направлении форму. Характеризуется хорошо выраженным раструбом и юго-западным склонением диатремовой части под углом 80-85°. Прорывает слаболитифицированные терригенные отложения венда, а перекрывается карбонатно-терригенными осадками верхнего и среднего карбона и рыхлыми четвертичными образованиями общей мощностью 66 м. Имеет классическое для слабоэродированных кимберлитовых трубок геологическое строение: чётко выделяются кратерная и жерловая части. Мощная (до 110 м) кратерная часть сложена субгоризонтальными слоями и пачками разнообразных вулканокластических, вулканокластоосадочных и просто осадочных пород – от кварцевых глинистых песчаников и брекчий осадочных пород до туффитов и туфов кимберлитов, в нижней части с маломощными инъекциями кимберлитов.

Жерло трубки выполнено породами двух фаз внедрения. Породы первой фазы представлены туфо- и ксенотуфобрекчиями, второй – кимберлитами. Верхняя часть жерла полностью сложена кимберлитами, с глубиной доля пород первой фазы внедрения в объёме трубки увеличивается. Характерная черта кимберлитов трубки – высокая насыщенность их включениями глубинных пород. Размеры включений от 1-2 до 20 см. Преобладают включения эклогитоподобных пород и гранулитов (47%), в значительных количествах присутствуют пироповые (30%) и ильменитовые (3%) ультрабазиты, разнообразные метасоматизированные флогопитовые породы и эклогиты (15%). По особенностям вещественного состава кимберлиты являются аналогом алмазоносных кимберлитов Якутии. Возраст кимберлитов по изотопному датированию оценивается в 372 ±8 млн. лет (поздний девон). Алмазы средней крупности, по форме преобладают додекаэдроиды и октаэдры. Разработку месторождения предполагается проводить подземным способом. Основные преимущества данного варианта разработки – полное извлечение запасов алмазов из недр и значительно меньшее негативное воздействие разработки на окружающую среду [11, 21].

Трубки взрыва Зимнего берега, наиболее крупная часть Архангельской алмазоносной провинции. В расширенном понимании геологов территория Зимнего берега охватывает западную часть Беломорско-Кулойского плато от берега Белого моря на западе и северо-западе до меридиана пос. Кепина и широты Ижмозера. В этих границах расположено большинство трубок взрыва, и лишь несколько обнаружено в басейнах рек Сояна, Полта и Пинега. К 1998 г. открыты около 60 трубок взрыва, мельские силлы кимберлитов и многочисленные силлы и дайки, связанные с трубками. В пределах Зимнего берега выделяется несколько полей трубок взрыва. Первое место среди них по времени открытия и промышленной значимости занимает Золотицкое поле, 6 трубок которого формируют месторождение алмазов имени Ломоносова. Всего в него входит 12 трубок, в т.ч. «Кольцовская» и Шочинские с «рифами» ордовикских отложений. В пределах Верхотинского поля (9 трубок) в 1996 г. открыта алмазоносная кимберлитовая трубка, степень алмазоносности которой оказалась столь высока, что она получила в дальнейшем статус месторождения. Другие трубки в пределах поля убогоалмазоносны [50].

Более 20 трубок и силлов включает Кепинское поле. Ряд трубок слабоалмазоносны, некоторые из них сопровождаются силлами или представлены серией силлов (трубки «Юрасская», 734 и др.). В пределах этого поля находится самая крупная по площади трубка 772 – «Суксома», размеры которой под перекрывающими отложениями составляют 1100х1980 м (170 га). Меньшую площадь 685х320 м (12,7 га) имеет слабоалмазоносная трубка 688 – «Степная». К югу от Золотицкого поля, к востоку и северо-востоку от Ижмозера выделяется Чидвийское поле из 5 трубок, названное по крупнейшей в его пределах – 1820х570 м (76 га) – одноимённой алмазоносной трубке [66].

Палеороссыпное проявление алмазов Зимнего берега открыто в 1978 г. Кулойской геологосъёмочной партией Юрасской геолого-разведочной экспедиции. Из обнажения на ручье Верхний Грубый (левый приток р. Падун), сложенного отложениями урзугской свиты нижнего карбона, Е.М. Веричевым была отобрана проба массой 187 кг. В декабре 1978 г. Тульским отделением Всесоюзного научно-исследовательского геологического института в ней установлено наличие 2 алмазов кимберлитового типа размером 0,1х0,5 и 0,1х0,15 мм – осколков более крупных кристаллов. Эта находка окончательно подтвердила необходимость комплексных геолого-геофизических поисков коренных месторождений алмазов на Зимнем берегу. Ранее Кулойской партией были найдены минералы-спутники алмазов в современных аллювиальных отложениях и доказана кимберлитовая природа пластовых тел на р. Мела. На основе этих поисковых признаков проведены 2 съёмки: аэромагнитная и крупномасштабная геологическая, что привело к открытию (март 1980 г.) первой на Зимнем берегу алмазоносной кимберлитовой трубки «Поморская». В процессе разведки месторождения алмазов имени Ломоносова в отложениях урзугской свиты как в промежуточном коллекторе было найдено ещё около десятка алмазов. В четвертичных отложениях вблизи месторождения установлены лишь единичные находки алмазов [50].

Итак, находки алмазов приурочены к древним структурам земной коры. Первые коренные месторождения алмазов были обнаружены в Индии, а затем и в других странах. Однако наиболее крупные месторождения находятся на территории Австралии, стран Африки, России и Канады (Приложение 6, 13). В последние годы поиски алмазов активно ведутся на территории таких стран, как Китай и Венесуэла.

Освоение алмазных месторождений, как и любой вид горнодобычи, имеет не только положительное значение для территории, но может привести и к серьёзным экологическим нарушениям. Многих специалистов тревожит тот факт, что добыча полезных ископаемых часто наносит непоправимый вред окружающей среде. Разработка алмазоносных трубок обычно ведётся в карьерах, занимающих многие квадратные километры территории. При эксплуатации архангельских месторождений площадь карьеров будет особенно большой, так как породы, вмещающие трубки, очень рыхлые. Есть и другая сложность: в алмазоносной породе высоко содержание глинистого материала, который сильно разбухает при пропитывании водой. Поэтому в процессе обогащения кимберлитов очищение воды от взвеси будет идти очень медленно. В результате илом могут зарасти стоки не только в районе р. Золотицы, но и в прибрежной зоне Белого моря, где нерестятся ценные виды рыб [50].

Заключение

Алмазы являются важнейшим промышленным и ювелирным сырьём. Они используются в разных отраслях народного хозяйства. В последние годы спрос на алмазное сырье резко возрастает не только в нашей стране, но и во всём мире. Алмазы находят всё большее применение в сложных механизмах, горно-добывающей и обрабатывающей промышленности, в космической технике.

В мире происходит интенсивная выработка известных месторождений, и это обстоятельство заставляет учёных искать новые источники алмазов. В настоящий момент установлено, что алмазы встречаются на Земле в виде коренных и россыпных месторождений, но всегда в пределах древних структур. Анализ основных гипотез происхождения алмазов даёт основание полагать, что проблема образования алмазов в природе остаётся не вполне понятной.

В современной науке есть 2 основные гипотезы земного образования алмазов: мантийная и немантийная гипотезы. По первой гипотезе, алмазы сформировались на огромных глубинах при огромных температурах и давлении и были вынесены наверх через трубки взрыва. В пользу магматической теории говорит тот факт, что в кристаллах алмазов можно встретить включения других минералов, что, в свою очередь, невозможно при образовании вне высоких температур и огромного давления. По другой гипотезе, алмазы не могли образоваться при таких температурах и давлении: при подъёме алмаз неизбежно перекристаллизовался бы или взорвался. В этом случае в качестве среды образования рассматриваются расплавленная и затвердевшая магма, возникающие газовые полости, солевые расплавы и водные растворы. В качестве источника углерода – термическая диссоциация углеродсодержащих газов и обратимые химические реакции. В ходе проведённого исследования мы выяснили, что окончательного решения проблемы происхождения алмазов пока не существует. Можно найти разные примеры алмазов, которые противоречат всем существующим гипотезам. Например, алмаз «Куллинан» был найден на глубине 9 м от поверхности земли, что не соответствует мантийной гипотезе.

Алмаз обладает уникальными физическими и оптическими свойствами. Благодаря своим свойствам он находит широкое применение в технике и ювелирном деле.

Алмаз является редким минералом и размещён по территории суши весьма неравномерно. Исследования показывают закономерную приуроченность алмазных месторождений древним структурам. По данным спектрального анализа можно утверждать, что первые алмазы сформировались в Африке, а затем и на других континентах. Основной алмазовмещающей породой являются кимберлиты, представляющие собой брекчии, внедрившиеся в холодном виде. Однако не всегда кимберлитовые трубки содержат алмазы. И этот вопрос также требует своего решения.

Основные алмазодобывающие страны – это: Ботсвана (19%), Россия (22%), Ангола (4%), ЮАР (8%), Намибия, Австралия (20%), Демократическая Республика Конго (17%), а также Канада (7%). В год в среднем добывается около 130 млн. кар., или 650 тонн.

Истощение ресурсов алмазов во многих странах и закрытие старых месторождений приводит к поиску новых месторождений и доразведке существующих. Это актуально и для России, где основная минерально-сырьевая база алмазодобывающей промышленности активно эксплуатируется почти 40 лет. Потенциал легкооткрываемых месторождений здесь практически исчерпан, и возникает насущная необходимость поиска и разработки новых месторождений. В России существуют три основных алмазоносных провинции: Уральская, Якутская и это самая молодая и достаточно перспективная Европейский Север.

Таким образом, в ходе исследования мы установили:

На сегодняшний день не существует единой гипотезы происхождения алмазов.

Природный алмаз по своим свойствам отличается от искусственного алмаза и других минералов (т.е. является уникальным природным образованием).

Размещение алмазов в основном соответствует древним докембрийским структурам.

Основными алмазодобывающими странами являются Россия, Австралия, Ботсвана, ДРК. Основными потребителями технических алмазов являются экономически развитые страны: США, Япония, Германия. Основными производителями бриллиантов являются Израиль, Сингапур и Голландия.