В. С. ТРОФИМОВ

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ

МОСКВА «НЕДРА» 1980

УДК 553.81(100)

Трофимов В. С. Геология месторождений природных алмазов. М., Недра, 1980. 304 с.

В работе приведена полная сводка нового материала по геологии зарубежных месторождений алмазов. Доказана приуроченность почти всех промышленных месторождений к древним платформам и щитам. Впервые дано описание месторождений Ботсваны, Лесото, Республики Берег Слоновой Кости, Замбии и ряда других, открытых за последние годы.

Приведены результаты отработки глубоких (свыше 1000 м) горизонтов кимберлитовых трубок ЮАР. Установлено существование в трубках трех разнородных по строению, вещественному составу и алмазоносности частей — кратерной, диатремовой и подводящего канала. В геосинклинальных областях выявлен новый тип коренных месторождений алмаза — брекчий альпинотипных гипербазитов.

Особое внимание уделено вопросам генезиса алмазов и кимберлитов и их связи с породами верхней мантии.

Для специалистов-алмазников, а также геологов, интересующихся строением верхней мантии и занимающихся изучением эндогенных месторождений.

Табл. 46, ил. 78, список лит.— 223 назв.

Рецензент д-р геол.-минер. наук Ю. Л. ОРЛОВ.

Т $\frac{20803-191}{043(01)-80}$ 62—80 1904050000

© Издательство «Недра», 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной задачей настоящей работы является ознакомление широкой геологической общественности с последними мировыми достижениями в области изучения геологии месторождений природных алмазов.

В СССР они достаточно полно освещены в многочисленных опубликованных трудах и статьях советских геологов и известны широкому кругу геологов. Иное положение существует в отношении зарубежных месторождений, данные по которым разбросаны в многочисленных публикациях и мало известны в СССР и поэтому недоступны основной массе геологов-алмазников.

Учитывая существующее положение в отношении геологии зарубежных месторождений природных алмазов, в настоящей работе основное внимание уделено этим месторождениям.

За последние 10—15 лет в мировой алмазной промышленности произошли значительные изменения. Открыта крупная алмазная провинция в Ботсване, где создан рудник Орапа с производительностью 2,5 млн. каратов алмазов в год. В Анголе обнаружены богатые кимберлитовые трубки и россыпи и начата их эксплуатация. В ЮАР оборудован рудник Финш с производительностью свыше 2 млн. каратов в год и снят с консервации рудник Коффифонтейн с добычей около 350 тыс. каратов в год. В Малом Намаквaленде и Венесуэле обнаружены крупные алмазные россыпи; в Бразилии, КНДР, Бирме, Замбии и Уганде открыты кимберлиты.

Научно-исследовательские работы по изучению алмазов и его месторождений как у нас, так и за границей значительно продвинулись вперед и дали много нового материала, который изложен в ряде крупных монографий и статей. Из них следует упомянуть монографию М. Барде «Геология алмазов» в трех томах, труды Международной конференции в Кейптауне в 1973 г., монографии Д. Кнопфа по месторождениям алмазов в Республике Берег Слоновой Кости, П. Г. Никсона — по кимберлитам Лесото, О. А. Мейера — по кимберлитам США, В. А. Милашева — по кимберлитовым провинциям мира, С. Мациарека — по алмазоносности Венесуэлы, А. А. Макневина — по алмазам Нового Южного Уэльса и многие другие.

В этих работах приведен новый уникальный материал, который в значительной степени изменяет существующие представления о генезисе алмазов и кимберлитов, о поведении кимберлитовых трубок на больших глубинах и др. Установлено, что алмазы в кимберлитах кристаллизуются не из первичной магмы, а из остаточных расплавов после кристаллизации основной массы вкрапленников, сильно обогащенных флюидами. Выяв-

лена роль магматических сульфидов в образовании алмазов. Уточнено происхождение так называемых «родственных включений» в кимберлитах. Коренные месторождения алмазов в кимберлитах по этим данным следует рассматривать как вулканогенные месторождения сравнительно небольших глубин, связанные с щелочно-ультраосновным магматизмом. Намечается генетическая близость между кимберлитами и карбонатитами и т. д.

В ЮАР некоторые алмазные кимберлитовые рудники достигли глубин свыше 1 км. На этих глубинах форма кимберлитовых трубок, их вещественный состав и алмазоносность сильно изменились. Некоторые трубки из вертикальных с глубиной перешли в наклонные, форма их в ряде мест стала дайкообразной с полосчатым строением кимберлита, при этом контактовое воздействие кимберлитовой магмы на вмещающие породы проявилось достаточно отчетливо и т. д. В результате этого возникла необходимость некоторого изменения методики разведки нижних частей кимберлитовых трубок.

Установлено, что за редкими исключениями алмазные месторождения сосредоточены на древних платформах и щитах, а поэтому в отличие от предшествующих сводок материал излагается не по алмазоносным провинциям, а по отдельным древним платформам и щитам, так как в этом случае более четко вырисовываются основные структурные элементы, контролирующие возникновение кимберлитов, что позволяет более обоснованно выявлять основные закономерности распространения алмазных месторождений в пределах отдельных регионов, а следовательно, и перспективы отдельных районов.

Опубликование настоящей работы, несомненно, положительно отразится на результатах поисков, разведки и изучения геологии месторождений природных алмазов в СССР.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ежегодно из недр Земли извлекается несколько миллионов каратов алмазов (карат =0,2 грамма), которые по величине, форме, качеству, цвету и другим свойствам представляют собой весьма разнородный материал. По областям применения в основном выделяются две категории алмазов — ювелирные и технические.

К первой относятся кристаллы высокого качества, совершенной формы, исключительной прозрачности, хорошей и равномерной окраски, без трещин, включений и других дефектов. Они употребляются в ювелирной промышленности для всякого рода украшений и в технике для изготовления особо точных приборов. Ограненные алмазы носят название бриллиантов. Таким образом, к техническим камням второй категории относится весь остальной добываемый материал — алмазы с различными дефектами, с темной неравномерной окраской, неопределенной формы и структуры. Весьма мелкие алмазы и алмазы самого низкого качества применяются в виде порошков и пудр для резки, полировки и шлифования алмазов и других твердых материалов.

Алмаз является одной из кристаллических модификаций углерода и представляет собой почти чистый углерод. Прозрачные кристаллы алмаза без включений содержат 0,02—0,05% золы, в некоторых разновидностях борта содержание золы достигает нескольких процентов (градиноподобный борт 1—3,89%, борт фрамезит 4,51—6,45%, борт стюартит 2,32—19,3% и т. д.). В качестве элементов-примесей в алмазах постоянно присутствуют Si, Al, Ca, Mg и Mn, часто Na, Ba, Cu, Fe, B, Cr и Ti, реже Sr, Co, Zn, P, Sc, La, Lu, Pt, Ag, Au и Pb. Наиболее обычна в алмазах примесь азота, который присутствует почти во всех разновидностях. По содержанию азота различают алмазы типа I (азотные), в которых содержится 0,25% азота, и алмазы типа II (безазотные) с максимальным содержанием азота до 0,001%. Наблюдается зональное распределение примесей в алмазах — наружные оболочки содержат больше примесей, чем центральные части кристаллов (табл. 1).

Алмаз кристаллизуется в кубической сингонии; наиболее обычная форма октаэдр, реже куб и различные комбинации этих форм. Различают плоскогранные кристаллы и кривогранные роста и растворения (додекаэдроиды, октаэдроиды, кубоиды и тетраэдроиды), часто вытянутые или уплощенные по одной или нескольким кристаллографическим осям со сложными и разно-

Таблица 1

Содержания примесей в алмазах Африки

Страна	Цвет алмаза	Тип алмаза	Минимальное содержание, $n \cdot 10^{-6}$%							
			Si	Ca	Mg	Al	Fe	Ti	Cu	Cr
Сьерра-Леоне	Зеленый	1	4	5	4	56	20	4	7	Следы
„ „	Желтый	—	2	4	4	58	15	4	6	—
Намибия	„	1	2	5	8	25	15	—	3	—
ЮАР, трубка Премьер	Голубой	IIв	—	2	2	18	8	3	4	—

образными структурами на гранях. Ю. Л. Орлов [1963] выделяет следующие разновидности алмазов.

I. Плоскогранные октаэдры с гладкими или со ступенчато-пластинчатыми гранями. Это обычно прозрачные, бесцветные или золотисто-желтые кристаллы. Большинство алмазов этой разновидности принадлежит к алмазам типа I (азотным). Эта разновидность преобладает среди остальных.

II. Прозрачные янтарно-желтые и реже зеленые кубы и кривогранные кубоиды, деформированные додекаэдры с реликтами граней куба (100).

III. Прозрачные и полупрозрачные бесцветные, серые, а иногда почти черные кубы. Для них характерны параллельные и неправильные сростки и шпинелевые двойники прорастания. Часты кристаллы зонального строения.

IV. Зональные алмазы, так называемые coated diamonds. Внешняя зона их обычно мутная, с большим количеством микроскопических включений. Внутренняя представлена бесцветными прозрачными или слабо желтоватыми кристаллами. Внешняя форма этих алмазов зависит от толщины наружной оболочки. Кубические кристаллы обладают наиболее толстой оболочкой. Наружная оболочка сравнительно легко отделяется от внутренней.

V. Мозаично-блоковые темные, иногда совершенно черные алмазы, благодаря наличию включений графита во внешней зоне. Они часто имеют радиально-лучистое строение с центральной бесцветной и прозрачной частью, представленной плоскогранными октаэдрами и реже сростками 2—3 кристаллов.

VI. Шаровидные, каплевидные и реже неправильной формы алмазы радиально-лучистого строения. Они бесцветные, сероватые, иногда совершенно черные. Эти алмазы известны под именем балласов и встречаются редко.

VII. Сростки полупрозрачных, обычно желтоватых, октаэдрических кристаллов неправильной формы с различными дефектами (трещинами, включениями графита и др.) Отдельные кристаллы в сростках достигают величины 4—5 мм.

VIII. Агрегаты многочисленных, обычно хорошо ограненных октаэдрических кристаллов, часто со ступенчато-пластинчатым строением граней. Форма агрегатов овальная или шаровидная. Эти агрегаты известны под именем борта. Они часто имеют внутри темное ядро — агрегат неправильных зерен алмаза, темных от включений графита. Наружная зона сложена прозрачным кристаллом.

IX. Яснозернистые агрегаты алмаза, имеющие форму кусков неправильной формы. Зерна не имеют правильной кристаллографической формы, непрозрачные, темно-серые и совершенно черные. По строению они аналогичны разновидности VIII (борт).

X. Скрытокристаллические или мелкозернистые образования, известные под названием карбонадо. Они сложены мелкими (0,5—50 мкм) зернами октаэдрического и кубического габитуса и содержат многочисленные минеральные включения аморфного углерода, графита, кварца, халцедона, флоренсита, ксенотима и ряда других минералов. Структура карбонадо пористая. Коренной источник карбонадо неизвестен.

Кроме того, известна классификация алмазов З. В. Бартошинского, М. А. Гневушева и др., которые выделяют три типа алмазов: ромбододекаэдры, октаэдры и переходные от октаэдра к ромбододекаэдру. Для более дробного деления используется форма и строение граней кристаллов. Различают девять групп.

I. Плоскогранные октаэдры. Обычно бесцветные или слабо окрашенные в желтоватые, зеленоватые или розоватые тона кристаллы. Грани плоские и ровные, ребра острые или слегка притупленные. Включения редки и нехарактерны.

II. Кристаллы, сложенные уменьшающимися треугольными слоями. Как правило, это кристаллы октаэдрического и переходного, реже ромбододекаэдрического габитуса. Грани имеют ступенчатый вид, обусловленный наложением слоев из тригональных пластинок. Нередки сростки нескольких кристаллов. Включения также нехарактерны. Эти алмазы в подавляющем большинстве бесцветны, реже окрашены в зеленоватые, желтоватые и розоватые тона.

III. Кристаллы с полицентрическим развитием граней, октаэдрического, переходного и реже ромбододекаэдрического габитуса. Грани осложнены прямолинейными слоями, которые образованы тригональными пластинками. Каждый последующий слой сдвинут относительно предыдущего. Алмазы этой разновидности бесцветны и редко содержат включения.

IV. Кристаллы, сложенные тонкими дитригональными слоями ромбододекаэдрического и переходного габитусов, имеющие выпуклые грани; поверхность граней скульптирована сноповидной штриховкой, имеющей форму сферических треугольников вокруг выходов тройных осей. Торцовые участки пластинок закруглены. Цвет кристаллов слегка желтоватый или зеленоватый; много бесцветных камней.

V. Кристаллы с занозистой штриховкой, тонкослоистые, ромбододекаэдрического габитуса, слои прерываются кулисообразно, заменяя друг друга.

VI. Кристаллы с округло-ступенчатыми гранями, ромбододекаэдрические и переходной формы, характеризующиеся ступенчатым строением поверхности. Ступени гладкие и округлые, состоят из множества очень тонких пластин. Кристаллы часто прозрачны и бесцветны. Включения характерны, но не обильны.

VII. Кристаллы с блоковой скульптурой. Ромбододекаэдры, поверхность которых осложнена выпуклостями, сопряженными искривленными линиями. Прозрачные, бесцветные, реже зеленоватые или желтоватые камни.

VIII. Округлые кристаллы. Ромбододекаэдры с выпуклыми гранями, с матированной и корродированной поверхностью. Гранные швы, как правило, искривлены. Для кристаллов характерно обилие включений, сероватая и буроватая окраска.

IX. Кристаллы кубического габитуса. Сравнительно редки.

X. Скрыто-кристаллические или мелкозернистые образования, известные под именем карбонадо, сложенные многочисленными мелкими (0,5—50 мкм) ксеноморфными зернами октаэдрического, реже кубического габитуса, содержат многочисленные минеральные включения (размером 0,5—200 мкм) графита, углерода (аморфного), халцедона, кварца, монацита, рутила, флоренсита и ряда других минералов, которые при выщелачивании обусловливают пористую структуру карбонадо. Поверхность его матовая или блестящая — эмалевидная. Цвет карбонадо зеленовато-серый, коричневый, темно-фиолетовый, иногда почти черный. Размер карбонадо изменяется от мельчайших зерен до гигантов массой в тысячи каратов. Известны карбонадо размером 3167, 3148, 827 каратов. Форма карбонадо обычно желвакообразная, реже угловатая. Карбонадо как правило крупнее обычных алмазов. Они встречены лишь в россыпях и коренной их источник неизвестен. Совместное нахождение их с собственно алмазами дает основание предполагать их кимберлитовое происхождение и рассматривать их как родственные включения, возникшие в кимберлитовой магме за счет эклогитизации пока еще невыясненных коровых пород, обогащенных углеродом. На это указывает их форма, аналогичная родственным включениям. Карбонадо отличается от собственно алмазов изотопным составом углерода, который в алмазах равен C^{12}/C^{13}— 89,24—89,48 (ювенильный углерод), а у карбонадо 91,54—91,56 (органический углерод) [Францессон Е. В., Каминский Ф. В., 1974].

Об условиях образования алмазов различных разновидностей дают представление экспериментальные работы по их синтезу. Синтетические и природные алмазы имеют очень много общих черт, но существуют и некоторые различия. Установлено [Бовенкерк Х., 1963; Хашелишвили Г. В., 1966; Безруков Г. Н., 1978; и

др.], что главным фактором, контролирующим форму образующихся алмазов, является температура.

При минимальных температурах возникают кубические алмазы с большим количеством примесей и несовершенной структуры. При повышении температуры начинают образовываться кристаллы кубооктаэдрической формы. Более высокие температуры создают благоприятные условия для роста октаэдров. Наиболее подробно порядок образования отдельных разновидностей алмазов описали А. А. Гиардини и Дж. Е. Тайдингс [Giardini A. A., Tydings J. E., 1962]; они отметили следующие закономерности.

1. При минимальных давлениях и температурах образуются преимущественно кубические кристаллы, обычно непрозрачные и содержащие большое количество примесей и случайных включений. Рост кристаллов происходит в виде произвольного накопления пластинок, параллельных граням (100).

2. При повышении давления и температуры на углах куба начинают развиваться октаэдрические грани. Рост кристаллов продолжается параллельно грани (100).

3. При более высоких давлениях и температурах образуются прозрачные кубооктаэдрические, а иногда додекаэдрические формы кристаллов. Рост происходит параллельно граням октаэдра.

4. При высоких давлениях и температурах в пределах термодинамических условий образования алмазов преобладают прозрачные, лишенные включений октаэдры. Рост происходит на грани (111) и параллельно, в направлениях, нормальных к граням (111).

При наиболее высоких температурах в единицу времени возникает бо́льшее количество алмазов, чем при более низких.

По прозрачности различают идеально прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные алмазы.

Окраска алмазов весьма разнообразна. Встречаются бесцветные алмазы с желтым, зеленым, дымчатым, коричневым, розовым, голубым, серым и другими оттенками, а также желтые, зеленые, голубые, розово-лиловые, дымчато-коричневые, молочно-белые, серые и черные. Известны алмазы пятнистые и с зональной окраской.

Различная окраска алмазов обусловлена разнообразными причинами — разными термодинамическими условиями их образования, присутствием разных химических примесей, наличием дефектных центров, природным радиоактивным излучением, распылением тонкодисперсного графита, наличием включений (графита и др.) и многими другими [Метелкина М. П., Прокопчук Б. И., 1975].

Алмазы люминесцируют под воздействием различных лучей — ультрафиолетовых, катодных, рентгеновских, а также при нагревании и под влиянием разности потенциала электрического

Таблица 2

Характеристика наиболее крупных ювелирных алмазов. По *Е. Брутону* (с дополнениями автора и др.)

Размер алмазов, карат	Собственное имя алмаза	Год находки	Место находки
3025,75	Куллинан	1905	ЮАР, трубка Премьер
971,50	Эксцельсиор	1893	„ „ Ягерсфонтейн
969,90	Звезда Сьерра-Леоне	1971	Сьерра-Леоне
793,00	Великий Могол	1650	Индия, Голконда
770,00	Войя	1945	Сьерра-Леоне
726,60	Президент Варгас	1938	Бразилия
726,00	Джонкер	1934	Южная Африка
650,80	Юбилейный (Ретц)	1895	ЮАР, трубка Ягерсфонтейн
616,00	Дютойтспен	1974	„ „ Дютойтспен
609,25	Баумгольд	1923	Южная Африка
601,25	Лесото	1967	Лесото
600,00	Гояс	1906	Бразилия
511,25	Вентер	1951	Южная Африка
503,00	Кимберлей	1900	„ „
469,00	Виктория 1884	1884	„ „
455,00	Дарсу Варгас	1939	Бразилия
440,00	Низами	1835	Индия
434,00	Светоч мира	1969	Западная Африка
428,50	Виктория 1880	1880	Южная Африка
428,50	Де-Бирс	1888	„ „
426,50	Снежная королева	1954	„ „
416,25	Берглен	1924	„ „
412,50	Бродерик	1928	„ „
410,00	Питт (Регент)	1701	Индия
409,00	Президент Дутра	1946	Бразилия
400,25	Коромандель IV	1941	„

заряда. При облучении ультрафиолетовыми лучами алмазы светятся голубым, желтым, желто-зеленым, оранжевым и другим цветом. Бесцветным алмазам свойственна главным образом голубовато-синяя люминесценция. Часть алмазов не люминесцирует.

Природные алмазы[1] имеют самую разнообразную величину — от микроскопических зерен до гигантов массой в несколько тысяч каратов [Трофимов В. С., 1944]. Каждому крупному алмазу ювелирного качества присваивается собственное имя. Наиболее крупный ювелирный алмаз, известный под именем Куллинан, весил 3025,75 карата и представлял собой обломок более крупного октаэдрического кристалла, прекрасного, бесцветного, со слабым голубоватым оттенком. Он был найден

[1] Под природными алмазами (natural diamonds) объединены алмазы, образованные эндогенными и метаморфогенными процессами в земной коре.

в 1905 г. в Южной Африке в кимберлитовой трубке Премьер на глубине 5 м от поверхности в желтой земле.

Находка крупных алмазов ювелирного качества — явление весьма редкое, обычно оно отмечается в печати. За всю историю добычи алмазов в мире всего было найдено 26 ювелирных алмазов размером более 400 каратов (80 граммов) каждый (табл. 2). Большинство подобных камней размером более 400 каратов не сохранилось, они были распилены и из них были изготовлены бриллианты. Так, из алмаза Куллинан было изготовлено 105 бриллиантов, два крупных, размером 530,2 и 317,4 карата, и 103 мелких. Масса всех полученных алмазов составляла всего 34,25% первоначальной массы камня.

Каждая алмазная провинция и каждое месторождение характеризуется, как правило, алмазами определенной формы, величины, цвета и др. Приводимые в литературе данные о средних величинах алмазов, добываемых в той или иной провинции или районе, часто бывают завышенными. В капиталлистических странах разработка тех или иных месторождений часто регулируется спросом на мировом рынке алмазов той или иной величины, а другие месторождения в этих районах и провинциях временно переводятся на консервацию.

Из отдельных алмазодобывающих стран наиболее мелкие алмазы поступают из Ганы, где средняя масса камней не превышает 0,03—0,05 карата, и из Республики Заир (месторождение Бакванга), где средний размер камней примерно тот же, что и в Гане, но качество камней значительно хуже. Наиболее крупные и высококачественные алмазы добываются в Индии и Намибии, где средний размер алмазов порядка одного карата и более.

Соотношение между крупными и мелкими алмазами в различных кимберлитовых трубках одного и того же района разное — в одних преобладают мелкие камни, а в других крупные. В ЮАР на руднике Бултфонтейн камни размером свыше одного карата составляют 38% от общей добычи, на рудниках Кимберлей 51%, Дютойтспен 61%, Коффифонтейн 38,5%. Самые мелкие алмазы дает рудник Вессельтон. Наибольшее число крупных алмазов ювелирного качества встречается в трубках Ягерсфонтейн, Коффифонтейн в ЮАР и в трубке Летсенг-ла-Терай в Лесото. Эти трубки с успехом разрабатываются, несмотря на весьма низкое содержание алмазов (0,03—0,05 карата/т).

Следовательно, среди крупных камней преобладают алмазы размером 100—200 каратов. Наибольшее число крупных камней добыто из трубки Ягерсфонтейн (70 шт.), а наименьшее — из россыпей (3—7 шт.), что, возможно, указывает на то, что в процессе аллювиального переноса происходит сильное измельчение (раздробление) алмазов.

Включения в природных алмазах разделяются на сингенетические и эпигенетические, а внутри этих видов — на газообраз-

Таблица 3

Состав газообразных включений в алмазах Южной Африки и Южной Америки.
По *К. Е. Мелтону и А. А. Гиардини* [Melton C. E., Ciardini A. A., 1974]

Состав	Южная Африка			Центральная Африка	Южная Америка
	39 мелких уплощенных октаэдров с включениями	Алмазы типа Ia с включениями	Алмаз типа IIa с мелкими включениями, трубка Премьер	Черный куб, Заир	Прозрачный куб, Бразилия
Объем газа, см³	$1{,}9\cdot10^{-5}$	$4{,}6\cdot10^{-6}$—$1{,}6\cdot10^{-6}$	$1{,}8\cdot10^{-6}$	$4{,}0\cdot10^{-6}$	$3{,}5\cdot10^{-5}$
H_2	1,8	29,4—43,1	59,0	1,6	1,6
CH_4	0,6	8,2—12,9	8,4	5,8	4,0
H_2O	9,6	33,2—17,2	22,5	63,6	85,1
C_2H_4	0,5	0,7—0,0	0,0	0,4	0,2
N_2	38,4	3,7—2,6	0,0	2,4	1,7
CO	45,8	9,4—14,7	0,0	0,0	0,0
$CH_3\cdot CH_2\cdot OH$	0,05	2,0—0,0	0,0	3,0	0,1
O_2	0,0	0,0—0,0	0,0	0,0	1,9
C_3H_6	0,3	1,2—0,0	0,0	2,0	0,0
Ar	0,9	1,2—0,0	0,0	0,4	0,05
CO_2	2,0	10,0—9,5	10,1	20,8	5,4
Сумма	99,95	99,0—100,0	100,0	100,0	100,05

ные, жидкие и твердые [Meyer H. O. A., Boyd F. R., 1972]. Из газообразных включений содержится больше всего H_2O и H_2, за ними следуют CH_4, а иногда CO, CO_2 и N_2, т. е. преобладают углеродсодержащие соединения (табл. 3). Вероятно, алмазы образуются из углеродсодержащих соединений при восстановительной обстановке. Это подтверждается данными Б. Г. Лутца и др. [1976], которые для трубки Обнаженная приводят следующее содержание газов в кимберлите (в см³/кг): He—0,00022; H_2—2,57; N_2—0,21; CH_4—0,106; CO_2—0,88 и отношение $H_2/CH_4 = 24$. Свободный кислород не обнаружен.

Жидкие включения изучены слабо и встречаются относительно редко.

Твердые включения в алмазах представлены двумя ассоциациями — хромовой (гранат-лерцолитовой) и титановой (эклогитовой [Prinz M. e. a., 1974 г.; Rickwood P. C. e. a., 1968 г.]. К первой принадлежат оливин, пироп-кноррингитовый гранат, сростки диопсида с ортопироксеном, энстатит, хромит и некоторые другие минералы. К титановой ассоциации относятся пироп-гроссуляр-альмандиновый гранат, омфацит, кианит, рутил, ильменит, магнетит и флогопит. Статистические данные показывают, что во включениях в алмазах преобладают минералы хромовой ассоциации /до 98%/, а минералы титановой ассоциации занимают резко подчиненное положение. Так, включения титановой ассоциации в алмазах Якутии составляют всего единицы процентов, в уральских алмазах эта ассоциация встречается более часто [Ефимова Э. С., Соболев Н. В., 1977].

Следовательно, кристаллизация алмазов в кимберлитах происходит в остаточном расплаве на границе образования минералов хромовой и титановой ассоциации, по-видимому, после кристаллизации основной (силикатной) массы вкрапленников, иными словами кристаллизация алмазов в кимберлитах несмотря на идиоморфность его форм происходит в остаточных расплавах. О составе этого остаточного расплава можно судить по конечным фазам эволюции кимберлитового расплава в промежуточных камерах. Они наиболее полно представлены в трубках Премьер, Финш и других в ЮАР, где имеют характер сильно карбонатизированных и флюидизированных расплавов, слагающих карбонатные проявления в этих трубках (дайки). [Williams A. F., 1932; Dawson J. B., Hawthorne J. B., 1973].

Химический состав остаточных расплавов [Харькив А. Д., 1975] приведен в табл. 4.

Остаточные расплавы в каждой трубке имеют свои специфические особенности. Для всех трубок характерно уменьшение содержания в жилах SiO_2, Al_2O_3, MgO, K_2O и др. и увеличение CO, CO_2, P_2O_5 и ряда других летучих компонентов и отчасти TiO_2, т. е. остаточный расплав под влиянием процессов дифференциации был сильно карбонатизирован, обогащен летучими компонентами и застывал в виде основной массы кимберлитов. Вследствие высокого содержания летучих остаточный расплав был сильно мобильным и имел возможность проникать по узким трещинам, по пластовой и другой отдельностям образовывать жильные и дайковые тела, часто «слепые», не имеющие выхода на поверхность, и пологопадающие маломощные силлы. Этот расплав был достаточно нагретым и осуществлял контактовый метаморфизм в окружающих породах и в более ранних внедрениях кимберлита, что хорошо иллюстрируется примерами трубок Премьер и Ягерсфонтейн.

Часть жил и силлов алмазоносны, а некоторые трубки, где отчетливо проявлена карбонатная часть расплавов, нередко характеризуется присутствием крупных алмазов. Карбонатный характер остаточного расплава подтверждается и существованием вокруг некоторых алмазов «карбонатной рубашки», способствующей освобождению алмазов от вмещающей породы. Это лишний раз подтверждает, что кимберлитовая магма не является транспортирующей средой для доставки алмазов из пределов верхней мантии, а кристаллизация их происходит в остаточных порциях этой магмы.

Таблица 4

Химический состав первичного трубочного и остаточного жильного кимберлитовых расплавов (в вес. %)

Компоненты	Якутия, трубка 1		ЮАР, трубка Премьер		ЮАР, трубка Ягерсфонтейн	ЮАР, силл Бенфонтейн	Средний состав кимберлита по Дели
	Жила	Трубка	Жила	Трубка	Жила	Пропласток	
	Число анализов						
	4	6	7	2	3	1	
SiO_2	7,82	34,38	18,43	44,67	11,45	3,41	34,78
TiO_2	1,02	0,37	1,30	1,70	1,47	12,23	1,62
Al_2O_3	1,60	3,48	0,45	4,46	4,11	7,81	2,88
Cr_2O_3	0,29	0,10	Нет данных		0,10	0,10	—
Fe_2O_3	3,87	3,69	9,72	8,64	3,68	19,66	6,10
FeO	1,85	1,77	3,34		1,58	12,12	8,29
MnO	0,11	0,12	0,55	0,14	0,18	0,43	—
NiO	Нет данных	0,09	Нет данных				—
MgO	2,83	17,83	18,30	22,42	7,01	11,93	21,11
CaO	37,55	14,22	28,50	6,63	39,29	17,14	5,79
K_2O	0,15	0,84	0,01	1,31	0,94	0,09	1,17
Na_2O	0,12	0,16	0,01	0,85	0,26	0,26	0,33
P_2O_5	1,04	0,38	1,02	0,28	1,75	2,42	1,06
CO_2	33,33	11,28	16,94	0,35	26,70	9,55	2,58
H_2O^-	0,51	5,14	0,15	3,01	0,18	0,30	—
H_2O^+	2,51	5,45	5,25	4,81	1,39	2,34	9,20

В алмазах кроме рассмотренных включений также присутствуют сульфиды железа, никеля, кобальта и меди. Впервые В. Е. Шарп [Sharp W. E., 1966] указал, что сульфиды этих элементов являются обычными включениями в алмазах и кимберлитах. По данным Дж. В. Гарриса [Harris J. W., 1972], изучившего 100 алмазов Сьерра-Леоне, Ганы и трубки Премьер в ЮАР, на включениях оливинов в алмазах весьма часто имеются тончайшие оболочки пирротина, пентландита, когенита, пирита и халькопирита. Размер оболочек 5—10 мкм, а толщина — до одного микрометра. На поверхности включений оливина и других минералов в алмазах эти сульфиды имеют форму дендритовых сростков и пластинок, которые целиком или частично покрывали все включения. И. М. Волохов [1972] отмечал, что характерной особенностью минерального состава родственных включений в кимберлите является тончайшая вкрапленность сульфидов пентландит-халькопирит-пирротиновой ассоциации.

Е. Е. Лазько и А. И. Цепин [1977] обнаружили сульфидные агрегаты как в минералах вкрапленников (оливине, оранжево-красном гранате, омфаците, флогопите и др.), так и в минералах родственных включений — гранатовых и шпинелевых перидотитах, гранатовых пироксенитах, эклогитах с гранатом с повышенной железистостью, флогопитовых пироксенитах и др. При серпентинизации пород форма и размеры сульфидной вкрапленности остаются без изменения. Эти сульфидные выделения резко отличаются по составу, форме и строению от сульфидов гидротермального происхождения, присутствующих в основной массе кимберлитов (марказит, сфалерит, галенит, халькопирит), которые имеют постмагматическое происхождение и ассоциируют с карбонатами, сульфатами и иногда составляют существенную часть мелких прожилков вторичного происхождения, секущих кимберлиты .

Присутствие однородных включений сульфидов во вкрапленниках и основной массе кимберлитов и минералах родственных включений ультраосновного и эклогитового состава указывает, по-видимому, на один источник образования этих включений — кимберлитовую магму.

Алмазы встречаются в коренных и россыпных месторождениях. В настоящее время единственными промышленными месторождениями алмазов служат кимберлиты [Сарсадских Н. Н., 1973; Трофимов В. С., 1967, 1968].

Кимберлит является субвулканической ультраосновной порфировидной породой со щелочным уклоном, сложенной несколькими генерациями вкрапленников оливина, пироксенов, флогопита, гранатов, пикроильменита, алмаза и ряда других минералов в мелкозернистой, иногда флюидального строения основной массе, состоящей из карбонатов, оливина, пироксенов, флогопита, магнетита, шпинели, перовскита, апатита и др. Обычно порода изменена постмагматическими процессами в серпентин-хлорит-карбонатный агрегат.

Кимберлиты представлены телами трубчатой формы, жилами, дайками, силлами и всеми промежуточными между ними формами. Эти тела выполнены массивным кимберлитом, брекчиевым кимберлитом, сцементированным массивным кимберлитом и туфами кимберлитов.

Кимберлиты за редкими исключениями встречаются лишь на древних платформах и щитах и связаны с глубинными разломами планетарного заложения, омоложение которых происходит в периоды интенсивной тектонической перестройки земной коры. Это омоложение в ряде местностей сопровождается блоковой тектоникой, в результате которой более поздние поступления кимберлитового магматизма бывают расположенными не на основных разломах, а разломах, их оперяющих, в пределах крупных синеклиз, антеклиз и предгорных прогибов. Так, например, проявления на Сибирской платформе разновозрастных кимберлитов связаны с начальными этапами образования Тунгусской, Вилюйской впадин и Приверхоянского прогиба, а на Африканской платформе — с образованием впадин Карру, Окаванго, Конголезской, Таудени и других. Возраст кимберлитов прости-

рается от докембрия (Витватерсранд и др.) до четвертичного периода (Новый Южный Уэльс в Австралии).

Работы последних лет по изучению кимберлитов как в СССР, так и за рубежом дали много нового материала по строению кимберлитовых тел, их вещественному составу и происхождению, который значительно изменил существовавшие представления о поведении трубчатых тел на глубине, что в свою очередь потребовало пересмотра существующей методики их разведки [Трофимов В. С., 1971_2].

По строению, происхождению и вещественному составу в пределах каждой трубки взрыва можно выделить три разнородные части — верхнюю кратерную, среднюю диатремовую и нижнюю подводящего канала [Clement C. R, 1975]. Величина трубок взрыва самая разнообразная — от микроскопических диаметром в единицы метров до гигантов размером в сотни квадратных метров (Мвадуя в Танганьике, Орапа в Ботсване и др.).

Верхние кратерные части трубок в слабо эродированных областях развития кимберлитов, чаще всего по краям платформ (Танзания, Бушменленд в ЮАР, Заир, Ботсвана, Намибия и отчасти Ангола) представляли собой пустотелые жерла, которые впоследствии были выполнены обломочным материалом, сносимым с бортов трубки. В центральных частях этих жерл часто возникали озера, в которых отлагались осадки с фауной рыб, лягушек и др. Нередко среди этих отложений встречались прослойки туфов, силлоподобные и дайковые тела кимберлитов. Протяженность на глубину этих жерл достигала нескольких сотен метров. Например, на трубке Мвадуи в Танзании протяженность жерловой части 366 м, в Бушменленде на трубке Копьескрааль 250 м и т. д. Форма жерл обычно округлая или овальная, с изрезанными очертаниями вследствие обрушения стенок трубки и размыва их водами, стекавшими в трубку. Эта часть трубок также нередко содержит алмазы в промышленных количествах.

Средние диатремовые части трубок располагаются ниже кратерной и имеют форму цилиндра, суживающегося с глубиной. Это сужение в различных трубках неодинаковое: в одних трубках стенки падают почти вертикально, а в других они конусные с различными углами падения во внутрь трубки. Стенки трубок большей частью гладкие, местами трещиноватые, с продольными бороздами скольжения, обычно без признаков контактовых изменений вмещающих трубку пород и ксенолитов.

Диатремовые части трубок обычно выполнены брекчиевым кимберлитом, в котором обломки вмещающих трубку пород и обломки кимберлита более ранних внедрений сцементированы массивным кимберлитом, изредка встречаются участки, сложенные туфогенным кимберлитом. Характерной особенностью диатремовых частей трубок является наличие в них перемешивания обломков пород, обнажавшихся на поверхности, с обломками пород глубинных частей трубок, что указывает на образование этих частей трубок в два приема. Сначала происходил «сухой» взрыв, образовывалась трубчатая полость, которая частично заполнялась выбрасываемым при взрыве материалом. Затем поступивший в трубку обломочный материал цементировался медленно выжимаемым снизу изверженным материалом.

Протяженность на глубину диатремовых частей трубок определяется местом заложения очага взрыва, т. е. величиной и силой взрывной волны. Эта протяженность у разных трубок бывает неодинаковая. Для Кимберлеевской группы трубок в ЮАР эта протяженность определяется 1,5—2 км. Форма трубок также определяется в известной степени силой взрыва. Обычно она округлая или овальная, но при слабых взрывах сохраняется обычная неправильная форма подводящей магму зоны дробления или смятия. Часто наблюдается изменение вертикальности трубок при переходе в диатремовую часть с крутонаклонной на почти вертикальную.

Диатремовые части трубок являются основным источником добываемых из них алмазов. Распределение алмазов обычно весьма неравномерное, с общей тенденцией уменьшения содержания алмазов с глубиной.

Нижние канальные части трубок располагаются ниже диатремовых. В Южной Африке ряд трубок уже полностью отработан. Достигнутая глубина работ в трубках свыше 1 км (Кимберлей, Вессельтон и др). Отмечается, что форма трубок при переходе от диатремовых частей к канальным резко изменяется. Имеется два типа переходов: в одних случаях округлая или овальная форма диатремовых частей трубки сменяется весьма причудливыми формами, представляющими собой выполнение зон смятия и дробления, в других диатремовые части трубок переходят в дайкоподобные. Например, трубка Кимберлей на глубине 1094 м от поверхности перешла в дайку мощностью 13 м, падающую под углами 75—85°. Трубка Ягерсфонтейн на глубине 750—800 м сменилась дайкой мощностью 60—70 м и т. д. Корневые части этих трубок сложены кимберлитом без признаков брекчирования, обычно полосчатым. Полосы порфировидного кимберлита с вкрапленниками свежего стекловатого оливина двух генераций в основной массе из оливина, карбоната, хлоритизированной слюды с большим количеством зерен апатита и перовскита перемежаются с полосами афанитового кимберлита, почти лишенного вкрапленников (трубка Кимберлей). Каких-либо признаков, подтверждающих, что кимберлит является транспортирующей средой алмазов из пределов верхней мантии, не обнаружено. Характер кимберлита верхних и нижних частей трубок неодинаковый, в одних случаях он в той или иной степени дифференцирован, порфировидный, содержит родственные включения и в минералах-вкрапленниках отдельные зерна минералов, а в других он имеет мелкозернистый, не-

редко афанитовый характер. Это не дает основания предполагать существование в пределах верхней мантии прерывистой термодинамической обстановки, как считают последователи мантийной гипотезы происхождения алмазов.

Для Кимберлеевской группы переход к канальным частям трубок наблюдается на глубинах 550—600 м от поверхности. Канальные части трубок иногда содержат алмазы в промышленном количестве и эксплуатируются. В трубках Вессельтон, Де-Бирс, Кимберлей и др. канальные части эксплуатировались на протяжении 200—500 м.

В канальных частях трубок контактовые изменения кимберлита и вмещающих пород выражены весьма отчетливо. Кимберлит у зальбандов более мелкозернистый, а во вмещающих породах наблюдаются признаки ороговикования, что указывает на то, что канальные части трубок выполнены более нагретым кимберлитом, чем верхние. Вмещающие породы канальных частей трубок сильно трещиноватые, нередко пересечены маломощными прожилками кимберлита на расстоянии нескольких метров. Алмазы, добываемые из канальных частей трубок, часто носят признаки графитизации (оспины и др.)

Таким образом, кимберлитовые трубки взрыва не имеют непосредственной связи с магматическими очагами, а отделены от них подводящими каналами (зонами смятия и дробления, одиночными трещинами и др.).

Кимберлитовые трубки взрыва разделяются на трубки глубинного и местного заложения. Трубки глубинного заложения связаны так или иначе с промежуточными магматическими камерами, а трубки местного заложения этой связи не имеют и возникают в процессе становления трубок глубинного заложения, даек и жил кимберлита. Различают три категории трубок местного заложения.

1. Сателлитовые трубки крупных трубок глубинного заложения.

2. Трубки-раздувы по простиранию кимберлитовых жил и даек, образуемых взрывами местных скоплений газов в поднимающемся по трещинам столбе магмы. Часто эти взрывы происходят уже после того, как верхние части жил и даек затвердели. Это создает впечатление разновозрастности кимберлита жил и кимберлита возникающих подобным образом трубок местного заложения.

3. Столбы кимберлита в существующих трубках глубинного заложения, возникающие за счет повторных внедрений кимберлита в существующую трубчатую полость. Кимберлит каждого последующего внедрения по составу несколько отличается от предшествующего. Конечные фазы внедрения кимберлитового расплава обычно более карбонатизированы и содержат более высокий процент редких элементов и меньший — алмазов.

Трубки местного заложения, как правило, имеют незначительную протяженность на глубину. Так, трубка Св. Августина в ЮАР перешла в дайку на глубине 240 м, западный столб кимберлита в трубке Кимберлей перешел в дайку мощностью 2 м на глубине 305 м от поверхности, и т. д. Изредка встречаются штокообразные тела кимберлита, не имеющие выхода на поверхность, например шток, встреченный в квершлаге, соединяющем трубки Бултфонтейн и Дютойтспен, шток в трубке Вессельтон, тело Локстондаль в ЮАР и др.

Наряду с кимберлитовыми трубками взрыва в ряде областей (Лесото, Гвинея и др.) широко распространены жилы и дайки кимберлита. До самого последнего времени господствовало мнение о том, что жилы и дайки не имеют промышленного значения. Подобное мнение возникло в результате того, что в первые годы эксплуатации кимберлитов, благодаря богатству трубок и сравнительной маломощности жил и даек и, следовательно, трудности и дороговизны их эксплуатации, им не уделялось достаточного внимания и они не изучались. Проведенные в последние годы разведочные работы на кимберлитовых жилах и дайках показали, что они также представляют промышленный интерес и содержание в них алмазов часто выше, чем в трубках. В настоящее время ряд жил и даек с успехом разрабатываются (жилы Бельсбенк, Маллин, Свартругген и др. в ЮАР).

Среди жил и даек кимберлита выделяются две основные группы: 1) самостоятельные жилы и дайки, не связанные непосредственно с образованием трубок, 2) жилы и реже небольшие дайки, возникающие в процессе образования трубок. Жилы и дайки не имеют, как правило, признаков взрывного происхождения.

Среди жил и даек первой группы выделяются: а) одиночные жилы и дайки и их группы (дайка Тубабуко в Республике Берег Слоновой Кости, некоторые жилы и дайки в СССР и др.); б) зоны ветвящихся жил и прожилков (Бельсбенк и др. в ЮАР); в) зоны линейно-вытянутых жил и даек, местами кулисообразных (Сьерра-Леоне, Гвинея и др.).

Для первой группы жил и даек кимберлита характерны: значительная длина по простиранию и незначительная мощность, преобладание слюдистого кимберлита над базальтовым, наличие преимущественно ксенолитов лишь вмещающих пород. Некоторые жилы и дайки с глубиной становятся более мощными. Известны и «слепые» жилы, не имеющие выхода на поверхность.

Ко второй группе относятся: а) радиальные и концентрические жилы, возникающие по периферии трубок взрыва (жила Снэк в трубке Бултфонтейн на горизонте 215 м, некоторые трубки в Сибири и др.); б) жилы, образующиеся в самих трубках и не выходящие за их пределы (жила в одной из трубок Сибири, жила в трубке Де-Бирс в ЮАР и др.). Химические составы не-

которых сопряженных с трубками жил и даек близки между собой. Кимберлитовые жилы и дайки обычно признаков взрывного происхождения не имеют.

Силлы кимберлита встречаются весьма редко и, за исключением силла Бенфонтейн в ЮАР, почти совершенно не изучены. Они известны в Танзании, Зимбабве, Кении, Южно-Африканской Республике, приурочены к пластовой отдельности гранитов или располагаются под покровом базальтов. Нередко они многоэтажные. Большинство силлов горизонтальные, но встречаются и наклонные (Кения и др.). Мощность силлов небольшая, местами они имеют линзообразное строение с наибольшей мощностью в центральных частях до 30—40 м. Кимберлиты, образующие силлы, приурочены к пластовой отдельности гранитов, чаще всего они крупнопорфировые, с крупными вкрапленниками оливина, граната, диопсида размером до 12—13 мм с более мелким флогопитом и ильменитом. Основная масса сильно серпентинизированная, со слюдой, апатитом и перовскитом. Иногда в этих кимберлитах присутствует алмаз. На контакте кимберлит имеет следы закалки. Имеются пластинчатые включения гранита и эпидиорита. Встречаются сростки пироксена, граната и ильменита и весьма редко родственные включения перидотитов и эклогитов. Кимберлит и имеющиеся в нем включения секутся тонкими субпараллельными прожилками кальцита, придающими породе слоистый вид.

Силлы под покровами долеритов (ЮАР) имеют несколько иное строение. Каждый силл представляет собой результат многократного внедрения отдельных порций расплава, которые при отвердевании образовывали силлы слоистого строения. Большинство слоев возникло под влиянием магматической отсадки и имеет кумулятивную структуру. Транспортирующая внутрикумулятивная жидкость была богата карбонатами. Образовавшиеся богатые карбонатом слои по содержанию редких элементов и изотопному составу углерода весьма близки карбонатитам. Местами эти слои имели форму диапир в покрывающих их слоях. Слоистость силлов подчеркивается также чередованием светло- и темноокрашенных прослойков мощностью в несколько сантиметров с прослойками, обогащенными оливином. Темноокрашенные слои состоят из магнетита и перовскита, а светлоокрашенные — из зерен кальцита с небольшим количеством магнетита. Особенности строения силлов в сочетании с термальным метаморфизмом вмещающих сланцев (ороговикование), значительное содержание апатита и кальцита указывает на то, что кимберлит силлов внедрялся на нагретый сильно мобильный флюидизированный расплав с мелкими зернами оливина, граната, пироксена, слюды и ильменита, при застывании которого возникли шпинель, перовскит, апатит, кальцит, доломит, кварц и др. Внедрение силлов сопровождалось образованием многочисленных мелких прожилков кимберлита во вмещающих сланцах. Кимберлитовые силлы под базальтовыми покровами слабо алмазоносны.

В образовании кимберлитовых тел можно выделить два последовательных этапа: начальный — образование глубинных трубок взрыва и некоторых жил даек за счет начальных слабонагретых и относительно слабо мобильных частей промежуточных очагов и последующий, возникший за счет поступления более нагретых и более мобильных частей промежуточного очага и сказывающийся в образовании силлов, жил и даек, сопровождающих трубки, характеризующихся кимберлитом, близким к остаточному расплаву, а также повторных внедрений кимберлита в образованные трубки. Этот остаточный расплав обладал высокой флюидностью и имел температуру, достаточную для контактового воздействия кимберлита на вмещающие породы и заключенные в кимберлите алмазы (графитизация, коррозия и т. д.) По-видимому, в Западной Якутии область распространения силлов, слепых жил и других проявлений поздних стадий кимберлитового вулканизма еще не обнажена, но вероятность ее существования не исключена.

Слои, обогащенные оливином, сложены эвгедральными кристаллами последнего с промежутками, выполненными кальцитом. Характерны отсутствие родственных включений гранатового лерцолита и эклогита и редкость крупных вкрапленников флогопита, пикроильменита и др. Кимберлиты этих силлов слабоалмазоносные. В ряде трубок наблюдается проникновение флюидизированного расплава по трещинам в боковые породы, в которых иногда встречаются отдельные кристаллы граната и алмаза без признаков такого расплава.

О генезисе кимберлитов и присутствующих в них алмазов существуют самые разнообразные гипотезы. В основе большинства современных гипотез лежит предположение о том, что природные алмазы образуются при тех же термодинамических условиях, при которых производится их синтез, т. е. при температурах 1200—1300° С и давлениях 30—40 кгс/см^2. При этом часто без специальных доказательств утверждается, что подобные термодинамические условия могут существовать лишь в пределах верхней мантии — на глубинах, измеряемых сотнями километров.

С подобными утверждениями вряд ли можно согласиться. Установлено, что земная кора на глубинах даже порядка первых сотен метров выдерживает давления, значительно превышающие 30—40 кгс/см^2. Так, например, при подземных ядерных взрывах, производимых в шахтах на глубине 300—400 м (штат Невада в США) развиваются давления, во много раз превышающие необходимые для образования алмазов давления в 30—40 кгс/см^2. При этом подобные взрывы не только не разрушают кровлю взрывных камер, но даже радиация, возникающая при этих взрывах, не проникает на поверхность земли.

Давление значительно выше литостатического возникает в земной коре при многих региональных и локальных геологических процессах, преимущественно тектонических (движение плит, дрейф материков, складкообразование, блоковые и пульсирующие движения земной коры, сбросы, надвиги, землетрясения и многие др.) и магматических (становление интрузий, вулканическая деятельность и др.). Даже самые приближенные вычисления величины этих возникающих давлений дают цифры, во много раз превышающие давления, необходимые для образования алмазов.

В результате обобщения большого литературного и фактического материала по геологии отечественных и зарубежных месторождений алмазов автор пришел к выводам относительно генезиса алмазов, значительно отличающимся от ныне существующих.

Распространение кимберлитов на земном шаре весьма напоминает расположение современных вулканов: кимберлиты, как и современные вулканы, связаны с глубинными разломами земной коры и нередко располагаются цепочками вдоль этих разломов. Трубки кимберлита, как и вулканы, встречаются группами, состоящими из нескольких индивидуумов, и для них характерны периодически возникающие извержения (столбы кимберлита). Продукты извержения современных вулканов имеют много общих черт с кимберлитами, выполняющими трубки (образование туфов, брекчированных разностей, цементация обломочного материала изверженной породой, существование кольца выбросов вокруг трубок, напоминающих вулканические постройки современных вулканов и др.) [Меняйлов А. А., 1962].

В последние годы в Уганде был обнаружен типичный многофазовый вулкан Морото [Nixon P. H., 1973_2], в котором одной из промежуточных фаз вулканической деятельности были кимберлитовые туфы, располагавшиеся между нечелинититами и трахиандезитами. Речки — притоки р. Кайисин, берущие начало на склонах гор Морото, алмазоносны.

В Республике Мали вблизи с. Касама [Bardet M. G., 1974] обнаружена кимберлитовая трубка Касама диаметром 240 м, окруженная кольцом выброшенного из нее материала. Остатки подобного кольца выбросов известны и в районе трубки Мвадуи в Танзании на отводе Аламази и т. д. Ширина кольца у трубки Касама 125 м, сохранившаяся его мощность 1—4 м.

Следовательно, кимберлиты несомненно являются вулканами щелочно-ультраосновной магмы с особенностями, свойственными этой магме (отсутствие потоков и др.). По вопросу о месте кристаллизации алмазов при вулканических процессах известный вулканолог И. В. Лучицкий [1971, с. 31] писал: «Геологические и геофизические данные позволяют утверждать существование наряду с глубинными вулканическими очагами, размещенными

на 50—60 км ниже поверхности земли, также периферических очагов на глубине порядка 3—5 км. Подъем магмы и последующее заполнение камеры периферических очагов представляет медленный и длительный процесс, который начинается задолго до извержения...»

Существование у вулканов промежуточных очагов подтверждается следующими данными. Е. К. Мархинин и др. [1962] указали на возможность существования промежуточного вулканического очага под вулканом Безымянным на Камчатке на глубине 3—5 км. Подобные промежуточные очаги имеются и в Японии под вулканом Михара на глубине 4—5 км, в Гавайях под вулканом Килауэа, в Италии у вулкана Стромболи на глубине 4 км, а у Везувия на глубине 6 км и др. Следовательно, наиболее часто промежуточные очаги возникают на глубине 3—6 км. Вопрос о существовании под некоторыми вулканами промежуточных очагов (камер) не вызывает никаких сомнений. По геофизическим данным намечается существование промежуточного очага, несколько сдвинутого в сторону, и в некоторых кимберлитовых трубках Сибири. Поскольку кимберлитовые трубки взрыва являются вулканами щелочно-ультраосновной магмы, существование промежуточных камер под кимберлитовыми трубками вполне обоснованно.

Остатки промежуточных вулканических очагов вулканов, известные под именем субвулканических интрузий [Власов Г. М., Попкова М. И., 1974], обнаружены в ряде глубоко эродированных вулканических областей. Поисками и изучением остатков субвулканических интрузий в областях распространения кимберлитов никто не занимался, и вопрос об их существовании пока остается открытым.

В первом приближении подобной субвулканической интрузией можно считать Гулинскую и другие интрузии Маймеча-Котуйского района, представленные дифференцированными ультраосновными, щелочными и карбонатитовыми породами, которые напоминают отдельные этапы эволюции кимберлитовой магмы в промежуточных камерах. В Маймеча-Котуйском районе известны и кимберлитовые трубки, тесно связанные с дифференцированными породами этого района.

Ряд специалистов-вулканологов [Ритман А., 1964; Кадик А. А., 1963; Влодавец В. И., 1974; и др.] указывают на существование сверхвысоких давлений в промежуточных периферических вулканических камерах, ответственных за взрывную деятельность вулканов. В этих камерах сочетаются интрузивное, или магматическое, давление с давлением нагрузки, тектоническими напряжениями, с давлением, возникающим при процессах, происходящих в промежуточных очагах перед началом извержений (кристаллизация, переход растворенных в магме летучих компонентов магмы в флюидное состояние, потоки флюидов, проникающих из верхней мантии и др.). Л. Г. Страхов [1970] неодно-

кратно отмечал, что напряжения, возникающие в момент образования кимберлитовых трубок на глубине 2—3 км от поверхности, достигали 50—100 кгс/см^2, т. е. были вполне достаточными для образования алмазов в промежуточных очагах (камерах) вулканов.

Очевидно, можно считать доказанным существование в пределах земной коры термодинамических условий, обеспечивающих образование алмазов. Утверждение ряда исследователей, что термодинамические условия, необходимые для кристаллизации алмазов, могут существовать лишь в пределах верхней мантии, на глубинах в сотни километров, несостоятельно.

Весьма важен вопрос о природе первичной магмы, за счет которой возникали кимберлиты с алмазами, и об источнике углерода (ювенильного или корового), за счет которого возникали алмазы. Первичные очаги исходной магмы несомненно располагались на больших глубинах, возможно в пределах перидотитового пояса Земли. Так, М. Дж. О' Хара и Е. Л. П. Мерси [O' Hara M. J., Mercy E. L. P., 1963] указывали, что при частичном плавлении пироповых перидотитов под влиянием высоких температур наиболее низкотемпературной фазой являются пикриты. По данным Д. Х. Грина и А. Е. Рингвуда [Green Д. К., Ringwood A. E., 1964], пикритовый расплав — единственно возможный расплав при давлении 30 кгс/см^2. Очевидно, кимберлиты возникали за счет пикритовой магмы. Это предположение подтверждается работами ряда исследователей [Fesq H. W. e. a., 1975], которые при изучении нейтронно-активационным методом 1500 алмазов из кимберлитовых трубок Премьер, Финш и Ягерсфонтейн в ЮАР установили в них присутствие субмикроскопических включений (зародышей?) пикритовой бесплагиоклазовой магмы, обогащенной флюидами (H_2O, CO_2, CH_4 и др.) и содержащей вкрапленность сульфидов железа, никеля, меди и кобальта. Первичный очаг этой магмы располагался в пределах верхней мантии или в нижних частях земной коры, в области основного анатексиса.

Эта пикритовая магма под влиянием пульсирующих движений земной коры или иных каких-либо причин по имевшимся глубинным разломам неоднократно выжималась в верхние части земной коры. При достижении ею более легких и менее твердых пород в верхних частях земной коры, в нескольких километрах от поверхности, образовывались промежуточные камеры. Подъем магмы и последующее заполнение ею камер происходило в несколько приемов и являлось медленным процессом, который начинался задолго до извержения и возможно продолжался и после него, при этом возникали последующие дополнительные извержения.

Каждая вновь поступающая в промежуточную камеру порция магмы нарушала существующие в камере термодинамические условия, давала свой ряд вкрапленников, обусловливала определенную степень эклогитизации находящихся в камере ксенолитов вмещающих пород, производила оплавление ранее выделившихся вкрапленников и ксенолитов пород, находившихся в камере, увеличивала интенсивность их эклогитизации и др.

В промежуточных магматических камерах происходили процессы дифференциации, связанные с кристаллизацией вкрапленников, имели место ликвация магмы на силикатный и сульфидный расплавы, образование сегрегаций отдельных вкрапленников, эклогитизация ксенолитов с образованием эклогитов различных стадий метаморфизма и др.

Алмазы в кимберлитах кристаллизовались на границе образования минералов хромовой и титановой ассоциаций из остаточных расплавов, обедненных SiO_2, MgO, Cr_2O_3, K_2O и др. и обогащенных CaO, TiO_2, P_2O_5, CO_2 и рядом других летучих углеродсодержащих соединений. То, что алмазы образовывались в остаточных флюидизированных и карбонатизированных расплавах, а не в первичных, хорошо доказывается неудачами всех попыток ряда исследователей связать алмазоносность кимберлитов с их валовым составом (коэффициенты КПА потенциальной алмазоносности и др. В. А. Милашева, классификация кимберлитов по степени их алмазоносности В. А. Благулькиной и др.).

Предположение В. А. Милашева [1974] о существовании кимберлитовой фации с пироповой и алмазной субфациями, отличающимися друг от друга только присутствием сугубо акцессорных пиропов и алмазов, недостаточно обоснованно и не соответствует действительности. Существует не одна, а несколько пироповых субфаций — одна более высокотемпературная доалмазная хромовых кнорингитовых гранатов (фиолетовых) и другая — более низкотемпературная посталмазная титановых (оранжевых) пиропов. Возможно, существуют и несколько алмазных субфаций, что подтверждается присутствием на некоторых алмазах алмазных оболочек, легко отделяющихся от включенного алмаза и отличающихся от него цветом, составом и строением, меньшим содержанием отдельных примесей и др. Известны алмазы кубического габитуса, по составу идентичные алмазным оболочкам. Вероятно, термодинамические условия образования алмазов и существующих на них оболочек сильно отличались. Существование у кимберлитовой фации всего двух субфаций — пироповой и алмазной — совершенно не доказано и не подтверждается фактическими данными. А если это так, то и выделение на основании этих двух субфаций зональности в расположении кимберлитов алмазоносных и неалмазоносных тоже необосновано, тем более что в эту зональность вовлекаются кимберлиты различного возраста, часто отличающиеся между собой не только вещественным составом, но и рядом других признаков.

Разделение кимберлитов на разновидности следует производить по этапам эволюции пикритовой магмы в промежуточных

камерах, выделяя слабодифференцированную пикритовую неалмазоносную разность, более дифференцированную пикритовую (кимберлитовую) алмазоносную разность и сильно дифференцированную пикритовую неалмазоносную карбонатизированную разность. Среди этих разностей имеются все промежуточные разновидности. По условиям кристаллизации кимберлитов в трубках и жилах выделяются слюдяные и базальтовые кимберлиты.

Кроме твердых минеральных включений в алмазах имеются и газообразные, часто углеродсодержащие соединения, что указывает на кристаллизацию алмазов во флюидизированных расплавах. Широкое распространение в алмазах и во вкрапленниках сульфидов железа, никеля, кобальта и меди, а также флюидальность остаточных расплавов, из которых кристаллизовались алмазы, дали повод ряду исследователей [Marx P. G., 1972; Langford R. E. e. a., 1974] предполагать, что сульфиды в остаточных расплавах играли роль катализаторов при образовании в них алмазов. Происходила, по-видимому, следующая реакция:

$$2\,FeS + CO_2 = 2FeO + S_2 + C \text{ (алмаз)}.$$

Для образования алмазов, кроме существования определенных термодинамических условий, требуется определенное повышенное содержание углерода Это условие подтверждается тем, что синтез алмазов происходит в насыщенных углеродом расплавах. Установлено [Giardini A. A., Tydings I. E., 1962; и др.], что сначала из расплава выделяются остроребёрные октаэдры, затем додекаэдры, нередко с округлыми гранями, и в самом конце кубы, обычно содержащие повышенные количества газообразных включений и примесей различных элементов. Остаточный расплав после кристаллизации в нем алмазов застывал в виде основной массы кимберлитов. Изучение основной массы алмазоносных и неалмазоносных кимберлитов, возможно, приблизит нас к разработке методики прогнозирования алмазоносных кимберлитов. Обычно основная масса алмазоносных кимберлитов сложена карбонатами с отдельными мелкими зернами оливина, флогопита, перовскита, магнетита, шпинели, апатита и некоторых других минералов, как правило она изменена в карбонат-серпентин-хлоритовый агрегат.

Кроме вкрапленников в кимберлитах встречаются в форме округлых желваков так называемые родственные включения, представленные ультраосновной и эклогитовой группами. К ультраосновной группе включений относятся оливиниты, дуниты, гарцбургиты, лерцолиты, верлиты и различные моно- и полиминеральные породы, сложенные минералами, аналогичными по составу минералам вкрапленников. Весьма редко эти включения содержат алмазы.

К эклогитовой группе подобных включений принадлежат пироксениты, разнообразные эклогиты различных фаций метаморфизма и эклогитоподобные породы, причем эти включения присутствуют в трубках совместно на одних и тех же горизонтах. Встречаются эклогиты всех стадий метаморфизма, начиная от типичных магматических эклогитов и кончая эклогитами зеленокаменной фации метаморфизма, содержащими графит, корунд, дистен, рутил и изредка алмазы. Последние обнаружены почти исключительно в эклогитах низких стадий метаморфизма и располагаются как на поверхности желваков, так и внутри их, что указывает, по-видимому, на присутствие в эклогитах алмазов различного генезиса (магматического и метаморфогенного) с различным источником (ювениальным и коровым) углерода алмазов.

Единого мнения о происхождении родственных включений в кимберлитах нет. Одни исследователи (В. С. Соболев, Н. В. Соболев, Н. Н. Сарсадских, Дж. Б. Даусон, Г. О. Мейер и др.) рассматривают их как обломки мантийных пород, принесенные кимберлитовой магмой из ее пределов. Другие (И. М. Волохов, В. В. Ковальский, В. С. Трофимов, С. Ф. Давидсон и др.) считают их производными самой кимберлитовой магмы, образованными в промежуточных магматических камерах.

Предположение о том что родственные включения являются обломками пород верхней мантии, весьма слабо обосновано. По мнению И. М. Волохова [1972, с. 38], «сложные термодинамические условия мантии, затрудняющие процессы дробления вещества, представляются очень серьезным доводом против мантийной концепции образования обломков в кимберлитах и базальтах...». Действительно, на больших глубинах широко распространены процессы течения вещества в твердом состоянии, почти исключающие образование обломков в мантийных породах. Это доказывается обширными данными экспериментальных исследований Д. Т. Григгса [Griggs D. T., 1936; Берч Ф., 1957], Л. Ф. Верещагина и В. А. Шапочкина [1966], М. П. Воларовича [1960], Б. В. Байдюка [1963], И. В. Лучицкого, В. И. Грошина и Г. Л. Ушакова [1967] и др., а также подтверждается и тем, что с возрастанием термодинамических условий с глубиной уменьшается возможность возникновения сколовых усилий, что вызывает существенное уменьшение с глубиной количества средне- и глубокофокусных землетрясений [Matsushima S., 1961].

Ультраосновная группа родственных включений в основном представлена сегрегациями вкрапленников, возникающих в промежуточных магматических камерах под влиянием процессов синнезиза (слипания, сращивания), при котором наблюдается как произвольная, так и закономерная ориентировка кристаллов [Жабин А. Г., 1971]. Химические составы вкрапленников кимберлита и минералов сегрегаций за редкими исключениями тождественны [Молчанова В. А., 1973; Davidson C. F., 1967]. Одновременное образование сегрегаций и вмещающих их кимберлитов доказывается рядом исследователей [Allsopp H. L., Barrett D. R.,

1975]. По их данным, абсолютный возраст кимберлитов трубок Вессельтон, Дютойтспен, Де-Бирс, Бултфонтейн и Монастери в ЮАР равен 86± 3 млн. лет, возраст перидотитовых включений в трубке Вессельтон 84±4 млн. лет, а в трубках Де-Бирс, Дютойтспен и Бултфонтейн 90±3 млн. лет, что указывает на относительную одновозрастность кимберлитов и заключенных в них родственных включений ультраосновной группы.

Эти данные подтверждены и работами японских исследователей [Kaneoka I., Aoki K., 1978], которые по Ar^{40}/Ar^{39} методу установили возраст включений флогопитового перидотита в трубке Бултфонтейн и включений флогопита из трубки Дютойтспен 86 млн. лет.

Возникновение пироксенитовых и эклогитовых родственных включений в кимберлитах связано с процессами эклогитизации обломков вмещающих пород, происходящими в самой кимберлитовой магме. Существование подобных процессов в кимберлитовой магме доказано работами А. П. Бобриевича и В. С. Соболева [1957], Б. Г. Лутца [1965] и др. и в настоящее время сомнений не вызывает. Процессы эклогитизации для своего осуществления требуют значительного времени и поэтому их проявление в быстро поднимающемся («выстреливаемом») столбе магмы, по мнению сторонников мантийных гипотез, полностью исключено. Это лишний раз подтверждает существование промежуточных камер, где эти процессы могут происходить на пути движения магмы из глубинных очагов к поверхности. Процессам эклогитизации подвергаются породы как осадочного, так и изверженного, и метаморфического происхождения. Так, С. С. Горохов [1972] доказал возможность образования эклогитов из глин. Что же касается возраста родственных включений эклогитовой группы в кимберлитах, то он обычно несколько древнее возраста кимберлитов вследствие того, что процессам эклогитизации подвергались вмещающие кимберлиты более древние породы.

Следовательно, родственные включения в кимберлитах и сами кимберлиты имеют близкий возраст, а минералы вкрапленников и родственных ультраосновных включений имеют тождественный состав, содержат аналогичную вкрапленность сульфидов и др.

Исходя из состава родственных включений, сторонники мантийной гипотезы происхождения алмазов предполагают слоистое строение верхней мантии, в которой все породы по глубине располагаются в зависимости от термодинамических условий их образования, определяемых глубиной залегания. Каждая находка новой породы в родственных включениях в кимберлитах влечет за собой усложнение строения верхней мантии и появление в ней нового слоя. По современным представлениям, мантия сложена несколькими десятками самых разнообразных пород, существование которых подтверждается лишь общими теоретическими, часто индивидуальными соображениями. Однако подобное строение верхней мантии не подтверждается существующими данными. Действительно, если бы мантия имела подобное слоистое строение, оно подтвердилось бы расположением в трубках родственных включений по глубине, соответствующей глубинности пород, слагающих мантию, т. е. в верхних частях находились бы родственные включения с минимальными термодинамическими условиями образования, а в нижних — породы с повышенными термодинамическими условиями. В действительности подобного распределения родственных включений в трубках кимберлита ни в СССР, ни за рубежом не наблюдается. Достоверно установлено, что трубки с глубиной переходят в маломощные дайки, в которых ни о какой-либо гравитационной дифференциации выносимых по ним родственных включений не может быть и речи. Следовательно, никаких фактических данных, подтверждающих мантийное происхождение родственных включений, нет.

Ультраосновные родственные включения в базальтах чаще всего встречаются не в толеитовых (спокойно изливающихся), а в субщелочных и щелочных (обычно эксплозивных) базальтовых лавах [Волохов И. М., 1972]. Наличие эксплозий в известной степени указывает на существование под подобными вулканами промежуточных очагов, в которых могли накапливаться газообразные продукты извержений, обусловливающих их эксплозивную деятельность. Есть достаточно веские данные (щелочный характер кимберлитов, эксплозии и др.) о том, что ультраосновные включения в базальтах и кимберлитах имеют аналогичное происхождение.

Переходим теперь к описанию процессов, происходящих в промежуточных магматических камерах и приводящих к образованию кимберлитов.

Прогрессирующее увеличение давления в промежуточных камерах в результате перехода растворенных летучих компонентов магмы в флюидальное состояние и других причин приводило в некоторых случаях к образованию над магматическими камерами купольных структур [Трофимов В. С., 1967], а в итоге обусловливало растрескивание кровли над камерами и проникновение содержимого камер на поверхность. К этому моменту содержимое промежуточных камер представляло собой сильно флюидизированный и карбонатизированный расплав с вкрапленниками и родственными включениями с начавшейся кристаллизацией и самого расплава. В результате разрушения кровли камеры, образования новой и омоложения существовавшей трещиноватости газообразные продукты из верхних частей очага устремлялись кверху, и на горизонтах, где давление поднимающихся газов превосходило литостатическое, происходил взрыв с образованием трубчатой полости. При последующих пульсирующих движениях земной коры или в результате других, пока неизвестных причин содержимое промежуточных камер

медленно выжималось кверху. Вследствие потери значительного количества летучих компонентов оно при этом сильно охлаждалось и могло выполнять лишь крупные трубчатые или иные полости, не оказывая никакого контактового воздействия на вмещающие породы.

Последующие поступления содержимого промежуточных камер имели несколько иной характер — для них типична более высокая температура, они были больше обогащены летучими компонентами и сильнее карбонатизированы, а поэтому были и более мобильными и заполняли разнообразные полости вплоть до горизонтальных, образуя силлы, жилы и дайки, часто не имеющие выхода на поверхность, и оказывали контактовое воздействие на вмещающие породы.

Распределение алмазов в кимберлитах весьма и весьма неравномерное — наряду с очень богатыми алмазами кимберлитами существуют совершенно пустые. Установлена определенная тенденция снижения содержания алмазов с глубиной, наблюдаемая почти во всех трубках и жилах, причем снижение содержания алмазов с глубиной в жилах выражено слабее, чем в крупных трубках.

Вопреки мнению некоторых исследователей [Васильев В. Г. и др., 1968] взрывы не играли никакой роли в образовании алмазов, а, наоборот, дробили ранее сформированные кристаллы, чем и объясняется наблюдаемый в кимберлитовых трубках взрыва большой процент обломков. Все наблюдаемые разности кимберлита не являются следствием их образования на различных глубинах в верхней мантии, а обусловлены степенью эволюции магматического расплава в промежуточных камерах к моменту их раскрытия.

Согласно предлагаемой новой вулканогенной гипотезе алмазы и кимберлиты образовывались в промежуточных магматических камерах щелочно-ультраосновного вулканизма на древних платформах на глубинах 3—5 км от дневной поверхности. В этих промежуточных камерах в результате внешних и внутренних причин возникают термодинамические условия, вполне достаточные для образования алмазов.

В отличие от мантийной предлагаемая вулканогенная гипотеза образования алмазов построена на конкретном, доступном для изучения материале. «Общепринятая» мантийная гипотеза [Соболев Н. М., 1977] основана лишь на догадках и сомнительных теоретических обоснованиях, не подкрепленных никаким фактическим материалом; нет никаких доказательств, что термодинамические условия, необходимые для образования алмазов, не могут существовать в земной коре.

Встречающиеся в кимберлитах и базальтах родственные включения ультраосновного и эклогитового состава не могут рассматриваться как отторженцы верхней мантии, поскольку обломкообразование на глубинах в сотни километров исключено.

Поэтому эти включения не могут служить прямой информацией о составе и строении верхней мантии. Если бы перидотитовые и эклогитовые включения в кимберлитах были бы обломками пород верхней мантии, их возраст должен был измеряться миллиардами лет. Включений подобного возраста в кимберлитах СССР и зарубежных стран до настоящего времени встречено не было. Первичные очаги исходной магмы располагались или в пределах верхней мантии, или в нижних частях земной коры в области основного анатексиса. Исходной магмой являлась пикритовая, трансформируемая в промежуточных очагах в кимберлитовую с карбонатитовым уклоном [Милашев В. А., 1972; Трофимов В. С. 1978].

Кристаллизация алмазов в промежуточных магматических камерах происходила в основном за счет ювенильного углерода на границе выделений хромовой (перидотитовой) и титановой (эклогитовой) ассоциаций из остаточного, обогащенного летучими флюидизированного и карбонатизированного расплава с участием сульфидов магматического происхождения как катализаторов.

Алмазы кристаллизуются при определенных термодинамических условиях из насыщенных летучими углеродсодержащих расплавов, в которых обеспечивается свободный и в достаточном количестве приток атомов углерода к растущим кристаллам. По существу коренные месторождения алмазов в кимберлитах являются магматогенными месторождениями небольших глубин, связанными с деятельностью щелочно-ультраосновного вулканизма. По своему характеру они близки магматогенным месторождениям небольших глубин (никель, медь и некоторые другие полезные ископаемые), связь некоторых из них с промежуточными магматическими камерами не вызывает сомнений [Смирнов В. И., 1965; Крестин Е. М., 1975].

Следовательно, нет никаких оснований приписывать коренным месторождениям алмазов в кимберлитах какие-либо особые, отличные от вулканогенных месторождений некоторых металлов (медь, никель и др.) условия и «загонять» их образование на недоступные глубины в пределах верхней мантии. Недостаточную обоснованность мантийной гипотезы происхождения алмазов признают и сами ее составители. «Как это ни парадоксально, но с уменьшением глубинности образования пород становится меньше доказательств их бесспорного мантийного происхождения, и тем больше аналогов по составу и особенностям минералогии можно обнаружить среди типичных образований земной коры» [Соболев Н. В., 1977, с. 56].

Очевидно, никакой парадоксальности в этом явлении не существует и оно является следствием логического развития событий, обусловленных слабым обоснованием основных положений мантийной гипотезы происхождения алмазов. Не доказано, что условия, необходимые для образования алмазов, могут сущест-

вовать лишь в пределах верхней мантии, нет каких-либо фактических данных о характере, состоянии, вещественном составе верхней мантии и т. д. Произведенные в Институте экспериментальной минералогии АН СССР работы доказали возможность образования алмазов в «кимберлитовых камерах» в верхних горизонтах земной коры, где вследствие «накачки» флюидов из подкоровых очагов создавалось высокое давление, т. е. имел место «автоклавный эффект» [Некрасов И. Я., Горбачев Н. С., 1978]. В этих условиях совместно с алмазами, вероятно, кристаллизовались вкрапленники оливина, пиропа и других минералов.

Действительно, установление возможности существования термодинамических условий образования кимберлитов и алмазов в промежуточных магматических камерах щелочно-ультраосновного вулканизма говорит за то, что в подобных камерах с не меньшей, а, по-видимому, со значительно бо́льшей степенью вероятности осуществляются процессы, аналогичные тем, которые последователи мантийной гипотезы предполагают существующими лишь в глубинных очагах, расположенных в пределах верхней мантии [Трофимов В. С., 1978].

Кроме кимберлитов отдельные находки алмазов известны в некоторых ультраосновных и основных породах.

Так, в Индонезии, на о. Калимантан в хр. Бобарис в области развития нижнемеловых альпинотипных серпентинизированных перидотитов и пироксенитов с подчиненным развитием габбро и разнообразных кислых пород обнаружено два трубчатых тела, сложенных эруптивной брекчией, залегающей среди перидотитов [Van Bemmelen R. W., 1949; Трофимов В. С., 1967].

Одно трубчатое тело диаметром несколько метров расположено в юго-восточной части хр. Бобарис в районе Хурон и имеет цилиндрическую форму. Оно приурочено к останцу нарушенных триасовых песчаников, залегающих среди перидотитов. Брекчия сложена обломками триасовых песчаников, сцементированных серпентинизированной основной массой.

Вторая аналогичная трубка встречена на р. Аким, притоке р. Тамали, впадающей в р. Риам-Кива в пределах северной части хр. Бобарис. Трубка овальная, размеры ее 150×300 м, залегает она целиком среди перидотитов. Трубка в результате сброса смещена в северо-западном направлении на 200 м. В восточной части трубка пересечена дайкой диабазового порфирита предположительно верхнемелового возраста. Под влиянием контактового метаморфизма в брекчии возникла вкрапленность пирита, халькопирита и белого хлоритоподобного минерала. Брекчия сложена обломками разнообразных перидотитов, пироксенитов и ксенокристаллами слагающих эти породы минералов, заключенных в серпентинизированной основной массе. Химический состав брекчии следующий (в вес. %):

SiO_2	33,30	CaO	10,33
TiO_2	0,17	Na_2O	0,25
Al_2O_3	6,09	CO_2	0,28
Fe_2O_3	6,01	P_2O_5	0,04
Cr_2O_3	0,56	S	0,14
FeO	4,47	H_2O^+	8,85
MnO	0,09	H_2O^-	1,42
NiO	0,13	Сумма	94,69
MgO	22,56		

Брекчия алмазоносная. Содержание алмазов не превышает 0,003—0,035 карата/т. Наиболее крупный алмаз весил 0,1 карата. В аллювии р. Ахим ниже выхода брекчии находили алмазы весом до 0,2 карата.

Ряд подобных брекчий обнаружен в устье р. Ахим и по рр. Табужи и Ануи. Они мелкие и нарушены сбросами. Алмазов в этих брекчиях не обнаружено, но они встречены в аллювии этих рек.

Подобные брекчии встречены и в СССР. Они также приурочены к альпинотипным гипербазитам, вытянутым вдоль геосинклинальной структуры на 350 км и представленных преимущественно гарцбургитами и апогарцбургитовыми серпентинитами с подчиненной ролью дунитов, лерцолитов, верлитов и пироксенитов. В западной части этой зоны обнаружена эруптивная брекчия эллипсоидальной формы, секущая апогарцбургитовые серпентиниты. Размер обнаженной части брекчии 50×15 м. Брекчия литокластическая на 30—40% сложена обломками пород размером 1—2 см. Обломки остроугольные и представлены серпентинитами, спилитами, хлоритизированными миндалекаменными базальтами, диабазами, андезитовыми породами и реже пироксенитами, песчаниками, известняками и другими породами, развитыми в районе. Цемент серпентин-карбонатный с темной слюдой и кристаллами циркона. Химический состав брекчий следующий (в вес. %):

SiO_2	25,32	CaO	18,42
TiO_2	0,16	K_2O	0,50
Al_2O_3	6,03	Na_2O	0,50
Fe_2O_3	5,02	CO_2	20,58
Cr_2O_3	0,88	H_2O	2,17
FeO	1,32	Сумма	97,95
MgO	17,05		

Брекчия сильно карбонатизирована. Алмазов в ней не встречено, но известно о находке нескольких десятков кристаллов в аллювии рек района. Найдено также два алмаза в обломке оливиновой породы.

3 Зак. 652

Характерными особенностями описанных выше эруптивных брекчий являются.

1. Приуроченность их к геосинклинальным областям и расположение среди выходов альпинотипных гипербазитов значительной протяженности, что не свойственно областям распространения кимберлитов.

2. Эти брекчии никакой связи с щелочно-ультраосновным магматизмом не обнаруживают. Признаков вулканогенной их природы не обнаружено.

3. Вещественный состав этих эруптивных брекчий отличается от состава материала, заполняющего кимберлитовые трубки взрыва. Кластический материал представлен лишь местными породами, родственных включений (эклогитов, гранатовых перидотитов и лерцолитов и др.) не встречено. Основная масса карбонат-серпентиновая, без признаков вкрапленников. Такие типичные для кимберлитов минералы, как хромистые пиропы не встречены. Имеются лишь находки альмандина с 20—22% пироповой молекулы и гроссуляра.

4. Условия образования альпинотипных эруптивных брекчий резко отличаются от условий образования кимберлитовых трубок взрыва (отсутствием перемешивания кластогенного материала, одноактовым образованием брекчий, отсутствием контактовых явлений и т. п.).

Эруптивные брекчии принадлежат, по-видимому, к новому типу коренных месторождений алмазов, свойственному не платформенным, а геосинклинальным областям, и характеризующихся мелкими алмазами.

Кроме находок алмазов в ультраосновных породах известны находки мелких алмазов и в основных породах. В. Ф. Гизольф сообщил о находке бесцветных блестящих, изотропных, с высоким показателем преломления зерен величиной 0,01—0,02 мм в вулканических бомбах вулкана Гунунг-Руанг на Сангирских островах, расположенных в Индонезии к северу от о. Целебес. Известно две разновидности подобных бомб — первая черная с сильно магнитными свойствами, содержащая магнетит, гиперстен и моноклинный зеленый пироксен, и вторая с меньшим содержанием магнетита, сложенная корродированными зернами оливина в пироксеновой оболочке и моноклинным пироксеном. Обе разновидности бомб содержали некоторое количество плагиоклаза и мелкие зерна указанного выше бесцветного минерала. Этот минерал Коммерлинг определил как алмазы. Зерна октаэдрического габитуса были включены в кристаллы оливина и плагиоклаза. Более подробные данные отсутствуют.

Находки мелких алмазов в основных породах известны и в СССР. Так, в одном из голоценовых вулканов в протолочной пробе базальтов было найдено несколько мелких кристаллов алмазов размером 1—2 мм. Один из алмазов был найден в срастании с плагиоклазом. Признаки алмазов были обнаружены и в

трубках взрыва, выполненных брекчиями щелочных базальтоидов автолитового типа, содержащих альмандин, нефелин и др.

Таким образом, за исключением кимберлитов, во всех других породах встречены были лишь очень мелкие алмазы, представляющие пока лишь минералогический интерес. В настоящее время разработаны методы, позволяющие констатировать мелкие алмазы в твердых породах, поэтому можно ожидать, что число находок и типов пород, в которых будут обнаружены алмазы, значительно возрастет.

Первым необходимым условием возникновения алмазов в породе является присутствие в ней заметного количества ювенильного углерода. Наибольшее содержание углерода наблюдается в ультраосновных породах, меньшее в основных, а кислые породы обычно почти лишены углерода. В этом направлении снижается и алмазоносность пород. Подавляющее число находок алмазов и их месторождения встречены лишь в ультраосновных породах, отдельные находки алмазов известны в основных породах. Алмазы в кислых породах неизвестны.

Вторым главным условием является существование при образовании этих пород термодинамических условий, достаточных для кристаллизации алмазов. Имеются ультраосновные породы [Трофимов В. С., 1940], которые содержат высокий процент свободного углерода и CO_2, находящихся в рассеянном состоянии, и тем не менее эти породы алмазов не содержат (Ветреный пояс на Балтийском щите).

Третье главное условие, необходимое для возникновения более или менее крупных кристаллов алмаза и в достаточном количестве, заключается в длительном существовании при образовании породы условий, обеспечивающих в ней свободный и в достаточном количестве приток атомов углерода к растущим кристаллам. Этим условием является кристаллизация алмазов в флюидизированных расплавах, насыщенных углеродсодержащими летучими компонентами (CO, CO_2, CH_4 и др.) и содержащих сульфиды магматического происхождения.

Все эти условия отражаются в структурах пород. Наиболее благоприятна порфировая структура, в которой алмаз является одним из вкрапленников, кристаллизующимся на одной из последних стадий эволюции магматического очага из остаточных расплавов карбонатизированных и обогащенных летучими углеродсодержащими соединениями. Этим условиям целиком и полностью отвечают порфировые кимберлиты и некоторые близкие к ним породы — альнеиты, лампроиты и др.

Мелкозернистые структуры значительно менее благоприятны для кристаллизации алмазов, так как при их образовании отсутствует остаточный расплав, и свободный доступ атомов углерода к растущим кристаллам затруднен. Вследствие этого происходит относительно быстрая кристаллизация породы, что способствует сохранности образованных алмазов от графитизации.

Крупно- и равномернозернистые структуры наименее благоприятны для кристаллизации алмазов, так как обычно они возникают в магмах, лишенных сколько-нибудь значительной газовой фазы, в результате чего нет свободного притока атомов углерода к растущим кристаллам алмаза. Кроме того, подобные структуры возникают при медленном падении температуры и давления, т. е. в условиях, наиболее благоприятных для графитизации алмазов. Иными словами, если бы алмазы при каких-либо особых условиях и возникли в этих породах, в дальнейшем они были бы полностью графитизированы. Это хорошо подтверждается тем, что на поверхности земли полнокристаллические ультраосновные породы и магматические эклогиты алмазов не содержат. Невольно возникает вопрос, какие есть основания у сторонников мантийной гипотезы образования алмазов утверждать алмазоносность мантийных гипербазитов и эклогитов, которые по составу и строению идентичны обнажающимся на поверхности земли? Находки алмазоносных родственных включений ультраосновной группы обусловлены процессами слипания вкрапленников, происходящими в кимберлитовой магме, находящейся в промежуточных очагах.

В Бразилии встречены алмазоносные изверженные породы, представленные своеобразной сланцеватой белой, пепельной, розовой породой, слагающей секущие и пластовые жилы с большим числом апофиз и пересеченной многочисленными кварцевыми жилами с друзовой структурой. Эта порода известна под именем «алмазоносных филлитов». Мощность жил изменяется в широких пределах — от десятков сантиметров до 40 м, прослеживаются они по простиранию на сотни метров и до глубины 100 м. Жилы часто имеют брекчиевидную структуру, обломки вмещающих их кварцитов и песчаников заключены в серицитизированную массу с большим количеством игл и призм турмалина. В тяжелых концентратах присутствуют кианит, монацит, рутил, ксенотим, циркон, пирит, турмалин, гематит и минералы марганца. Часть филлитов эксплуатируется. О первичной природе филлитов единого мнения нет. Несомненно, что первичная изверженная порода подверглась интенсивным процессам контактового и возможно регионального метаморфизма, и она с одинаковой степенью достоверности может иметь кимберлитовый, эклогитовый или иной характер.

В настоящее время установлено, что алмазы помимо магматического происхождения могут иметь и метаморфогенное. В кимберлитовых трубках Южной Африки имеется несколько десятков находок желваков алмазоносных эклогитов. П. К. Риквуд и М. Морн [Rickwood P. C., Morna M., 1970] выделяют следующие алмазоносные эклогиты: собственно эклогиты, сложенные гранатом и омфацитом, кианитовые, корундовые, графитовые и другие эклогиты. Типичные магматические эклогиты встречаются исключительно редко, преобладают эклогиты различных стадий

метаморфизма. Все указанные типы эклогитов часто встречаются совместно на одних и тех же горизонтах, причем алмазоносные эклогиты ничем не отличаются от неалмазоносных.

Алмазы в эклогитах встречаются как на поверхности желваков, так и внутри их, иногда в виде агрегатов кристаллов различной величины. На поверхности оплавленных желваков эклогитов алмазы часто представлены целыми кристаллами, выступающими на несколько миллиметров над поверхностью желваков и вросшими в минералы эклогитов — гранаты, пироксены и т. д. Т. Г. Бонни [Bonney T. G., 1899] описал алмазоносный эклогит из трубки Ньюлендс в ЮАР, в котором алмаз врос в келифитовую оболочку граната, что определенно указывает на наложенный характер алмазоносности эклогитов.

Алмазы внутри эклогитов отличаются, по-видимому, иным генезисом и иным источником (неювенильным) углерода от алмазов, расположенных на поверхности желваков. Характер процесса перехода этого углерода в алмаз не ясен. На то что большинство эклогитов, встречающихся в кимберлитах, являются эклогитизированными обломками коровых пород, поступавших в кимберлитовую магму, указывают зональный характер некоторых желваков, присутствие в их центральных частях остатков плагиогнейсов и других пород [Акимов А. П., 1970 и др.]. Все разнообразие встречающихся в кимберлитах эклогитов обусловлено различным характером пород, подвергающихся процессам эклогитизации, и разной степенью интенсивности этой эклогитизации.

На метаморфогенный генезис алмазов указывают находки их в эклогитах метаморфизованных пород. Эклогиты в одном из массивов Казахстана относятся к гнейсово-сланцевой толще зарендинской серии допалеозоя, претерпевшей интенсивный диафторез и метасоматические изменения. Эклогиты сложены (в %): гранатом (30—47), омфацитом (40—55), кварцем (9—14), рутилом (0,5—5), апатитом (до 0,8), реже встречаются муассонит, графит, самородное золото, вторичные амфибол, слюда, кварц, цоизит, эпидот, магнетит и др. Вмещающие породы представлены гранат-мусковит-кварцевыми и гранат-мусковит-биотит-кварцевыми сланцами. Наблюдаются постепенные переходы от кварцевых эклогитов к эклогитизированным габбро-диабазам.

Эклогиты представлены небольшими удлиненными и изометричными будинами мощностью несколько метров и длиной несколько десятков метров. Встречаются также крупные пластообразные тела эклогитов мощностью 100—200 м и длиной 1—2 км. В эклогитах найдено несколько мелких алмазов. Наиболее крупный алмаз (4,7 мм) найден в элювии эклогита. В аллювиальных отложениях рек района обнаружено до 250 мелких алмазов. Среди найденных камней преобладают кубы и нелюминесцирующие алмазы. В алмазах наблюдаются включения бледно-оранжевого граната и клинопироксена. Таким образом, су-

ществование алмазов метаморфогенного генезиса не вызывает сомнений.

Импактные (метеоритные) алмазы найдены в шести метеоритах [Вдовыкин Г. П., 1970]: в пяти каменных — уреилитах (Новый Урей, Диалпур, Динго-Пан-Донга, Гоалпара и Норс-Хейг) и в одном железном (Каньон Дьябло). Алмазы в уреилитах представлены микромономинеральными кристалликами размером меньше 1 мкм и находятся в тонких срастаниях с графитом. Размер сростков 0,3—0,9 мкм, распределены они более или менее равномерно. Изотопный состав углерода графита и алмаза сходен. Кроме обычных алмазов в уреилитах встречены алмазы с гексагональной структурой — лонсдейлиты. Алмазы в уреилитах образовались во время соударений астероидных тел в космическом пространстве. Алмазы в железном метеорите присутствуют в форме поликристаллических сростков микромонокристалликов алмаза и графита размером до 5 мкм. Алмазы в железном метеорите образовались во время удара его о поверхность земли [Вдовыкин Г. П., 1970]. Кроме того, алмазы встречаются в породах, слагающих метеорные кратеры. Некоторая концентрация подобных алмазов наблюдается в древних прибрежно-морских отложениях Русской платформы, Казахстана и некоторых других районов [Полканов Ю. А., 1972].

Кроме коренных месторождений широко распространены и алмазные россыпи, принадлежащие ко всем известным генетическим типам россыпей. Алмазные россыпи до настоящего времени являются основным источником добываемых алмазов [Вербицкая Н. П., Плотникова М. И., 1971; Трофимов В. С., 1967; и др.].

Элювиальные россыпи алмазов образуются на поверхности коренных источников и на выходах древних россыпей и алмазоносных конгломератов. Эти россыпи возникают лишь на более или менее выравненных поверхностях в областях со спокойным тектоническим режимом. Существенное влияние на образование и характер элювиальных россыпей оказывает климат. Влажный и теплый климат способствует возникновению мощных кор химического выветривания, в которых алмазы находятся в «свободном» состоянии.

Типичным представителем элювиальных россыпей является желтая земля кимберлитов, представляющая собой мягкую пористую породу желтого с коричневатым или красноватым оттенком цвета, пропитанную карбонатами магния и железа и содержащую некоторое количество опала и барита. Мощность ее 12—40 м. Иногда на поверхности желтой земли располагается слой известкового туфа и красного песка. Содержание алмазов в желтой земле выше, чем в неизмененном кимберлите.

Арктический климат характеризуется преобладанием физического выветривания над химическим, большими колебаниями температур в течение года и осадками, выпадающими преимущественно в летний период. За лето слой мерзлоты оттаивает на

глубину не более 0,5—2 м, а ежегодное промерзание распространяется на глубину 8—10 м; в результате образуются открытые трещины и расширяются существовавшие, что приводит к дроблению коренных мерзлых пород. Поскольку кимберлит — порода довольно пористая, то многократное замерзание воды в порах и оттаивание приводят к образованию мелкозема с алмазами, находящимися в «свободном» состоянии. Явление морозного пучения грунтов обусловливает некоторую сортировку материала — крупные куски выпираются кверху, а мелкозем занимает их места. Число перешедших в «свободное» состояние алмазов определяется пористостью кимберлита, насыщенностью его водой и др. Содержание алмазов в мелкоземе несколько выше, чем в неизмененном кимберлите. Из-за слабости процессов концентрации алмазов в элювиальных россыпях их промышленные россыпи возникают лишь на поверхности богатых месторождений.

Делювиально-гравитационные россыпи образуются на склонах возвышенностей ниже выходов коренных пород или древних россыпей или у подножья возвышенностей под влиянием смещения обломочного выветрелого материала под влиянием силы тяжести, смыва дождевыми и снеговыми водами и др. Среди делювиально-гравитационных россыпей наиболее распространены делювиальные россыпи на склонах возвышенностей и делювиальные россыпи в карстовых областях, менее развиты солифлюкционные россыпи в арктическом климате. Коллювиальные россыпи встречаются исключительно редко.

Влажный и теплый климат не особенно благоприятен для возникновения делювиальных россыпей вследствие развития богатой растительности и мощного почвенного покрова, затрудняющих передвижение материала. В аридном климате условия для образования делювиальных россыпей более благоприятны вследствие бóльшей обнаженности пород и меньшей мощности почвенного слоя. Особенно развиты делювиальные россыпи в закарстованных областях. Известны две разновидности подобных россыпей. Первая образуется в результате заполнения карстовых полостей перемытым рыхлым материалом алмазоносных выбросов кимберлитовых трубок. В районе Бакванга в Заире мощность подобных россыпей достигает 80 м и более. Вторая разновидность россыпей в карстовых районах возникает за счет перемыва дождевыми водами алмазоносных отложений «сухих» рек. Примером могут служить россыпи Лихтенбурга и Вентерсдорпа в ЮАР, например воронка Руигте-Лаагте была глубиной 45 м и дала свыше 320 000 каратов. Содержание алмазов в карстовых полостях местами достигало нескольких десятков карат на один кубический метр.

Содержание алмазов в делювиальных россыпях умеренного климата часто бывает ниже, чем в размываемом источнике, вследствие разубоживания перемещаемого материала боковыми

пустыми породами, подобное явление наблюдается и в солифлюкционных россыпях арктического климата.

Пролювиальные россыпи состоят не только из россыпей конусов выноса аридных областей (сухие дельты), но и из отложений временных потоков, характеризующихся почти полным отсутствием слоистости, весьма слабой сортировкой материала, повышенной глинистостью, слабой окатанностью материала, в котором разделение на фации (русловую, пойменную и старичную) выражено очень слабо или полностью отсутствует.

Во влажном и теплом климате умеренных широт пролювиальные россыпи представлены конусами выноса мелких речек и логов. Наибольшего развития пролювиальные россыпи достигают в областях с аридным климатом, подобным существующему с некоторыми перерывами на большей части Африки, начиная с верхнего мела. В аридном климате осадки, выпадающие в виде редких крупных, а иногда катастрофических ливней, слабо поглощаются скудной растительностью и маломощным почвенным покровом и почти полностью скатываются по склонам возвышенностей, увлекая с собой продукты интенсивного физического выветривания пород. В результате на склонах возвышенностей и у их подножия возникают мощные конусы выноса, сложенные грязью с включенными в нее обломками разнообразных пород. С течением времени при последующих влажных периодах возникшие грязевые потоки, постепенно перемещаясь, достигают речных долин, по которым они продолжают двигаться и в конечном итоге доходят до побережья океана. В этих грязевых потоках «сухих» рек обломки пород, алмазы и другие компоненты перемещаются во взвешенном состоянии, не приобретая признаков окатывания и износа. Вдоль долин грязевые потоки различного возраста оставляют террасовидные уступы. Галечники «сухих» рек состоят из смеси ила, глины, песка, галек, валунов и остроугольных обломков пород и иногда содержат промышленные концентрации алмазов (устье р. Оранжевой, площадь Касай-Лунда в Анголе и др.).

Кроме пролювиальных россыпей, приуроченных к «сухим» рекам, имеются пролювиальные россыпи, связанные с конусами выноса мелких речек и логов (бассейн р. Сурукун на Гвианском щите, рч. Кабамбайе в Республике Заир и др.). Подобные россыпи обычно мелкие, но широко распространены.

Аллювиальные россыпи встречаются часто и в некоторых областях являются главным источником добываемых алмазов. Среди аллювиальных россыпей известны русловые, пойменные и террасовые, а также россыпи надводных дельт. Для аллювиальных россыпей характерна приуроченность концентраций алмазов к грубозернистым отложениям — гравелитам, галечникам, валунникам и др. Алмазных россыпей в песчаных и глинистых отложениях неизвестно. Алмазные русловые россыпи часто являются полиминеральными, особенно в геосинклинальных областях, и содержат вместе с алмазами золото, касситерит, сапфиры и др.

Русловые россыпи в различных климатических и геоморфологических областях имеют свои специфические особенности. Во влажном и теплом климате аллювиальные россыпи, образующиеся за счет размыва кор химического выветривания, обычно располагаются на расстоянии 2—3 км от источника. В арктическом климате в пределах распространения вечной мерзлоты часть алмазов поступает в связанном состоянии и поэтому россыпи часто имеют значительную протяженность и низкое содержание алмазов.

В условиях горного рельефа в реках с большим уклоном продольного профиля мелкие алмазы разносятся на большие расстояния, а крупные концентрируются в районе различных препятствий в реках, у свалов камней, у водопадов, около даек твердых пород, пересекающих реки, и др. (аллювиальные россыпи Венесуэлы, Гайаны и др.). Часто алмазы концентрируются в трещинах и западинах плотика, но в общем это выражено слабее, чем в случае золота.

В продольном направлении распределение алмазов в русловых россыпях струйчатое или гнездовое, причем ширина и протяженность струй больше, чем в случае золотых россыпей. В продольном направлении обогащенные участки перемежаются с участками с пониженной алмазоносностью в довольно сложных сочетаниях. Участки с повышенной концентрацией алмазов располагаются в конце крупных плёсов, у устьев притоков, у выпуклых берегов меандрирующих рек и др. Местами наблюдается резкое обогащение стрежневых зон отдельных потоков.

В косовых россыпях более крупные алмазы перемещаются волочением, качением или сольтацией и концентрируются на пологом склоне головной части кос или поперечных валов на них. Более мелкие алмазы, переносимые во взвешенном состоянии, накапливаются ближе к центральным частям.

Пойменные и террасовые россыпи в большей части являются косовыми и русловыми россыпями предыдущих циклов эрозии и поэтому им свойственны все закономерности образования и концентрации алмазов, наблюдаемые в русловых россыпях. При затухающей эрозионной деятельности гранулометрический состав отложений верхних террас более грубозернистый, чем нижних. При интенсивных положительных тектонических движениях в верхних течениях рек часто наблюдается обратная картина — отложения нижних террас более грубозернистые, чем верхних.

В зависимости от климата характер пойменных и террасовых россыпей изменяется, так же как и русловых. Обычно среднее содержание алмазов в аллювиальных россыпях изменяется от нижних террас к верхним, наиболее обогащены, как правило, русловые россыпи. Вниз по течению рек наблюдаются те же закономерности, что и при переходе от верхних террас к нижним:

вниз по рекам в россыпях отмечается более или менее закономерное уменьшение содержания алмазов и их средней массы.

Дельтовые россыпи. В большинстве случаев алмазы не достигают побережий океанов, застревая на пути следования по рекам, поэтому дельтовые россыпи встречаются редко и обычно сложены сравнительно мелким материалом, за исключением рек горных областей. Дельтовые россыпи известны в верхнем мелу (серия Кванго) в Заире и Анголе. Различают два типа дельтовых россыпей — первый образован сериями налегающих друг на друга линз конгломератов мощностью 0,5—1 м среди песчаников. Общая мощность россыпей этого типа 20—30 м. Второй тип дельтовых россыпей представлен более мощными конгломератами, сложенными мелкой галькой кварца, халцедона, агата и реже красного аргиллита; валуны редки. Цемент местами песчаный, а местами глинистый. Россыпи этого типа приурочены к ложбинам и депрессиям в породах цоколя.

Концентрация алмазов в дельтовых россыпях редко достигает промышленной (россыпи Луемба-Чиумбе и др.).

Прибрежно-морские россыпи распространены значительно меньше аллювиальных, так как коренные месторождения алмазов в прибрежных областях обыкновенно отсутствуют и поэтому доставка алмазов на морское побережье из глубины континентов осуществляется «сухими» реками аридного климата, имеющего довольно слабое распространение (Намибия и др.).

Среди прибрежных россыпей морей, океанов и крупных озер можно выделить две группы [Трофимов В. С., 1971$_1$]: 1) россыпи, возникающие под влиянием волн прибоя, приливов и отливов (пляжевые, морских террас выше уреза воды, шельфовые и др.); 2) россыпи на опущенных участках морских побережий (затопленные речные, дельтовые россыпи и россыпи широких прибрежных равнин, опущенных ниже уровня океана и др.). Для образования прибрежно-морских алмазных россыпей требуются особые условия: прямолинейные и отлогие побережья, существование ветров определенного направления, дующих под известным углом к побережью, поступление на побережье достаточно крупного объема алмазосодержащего материала, а также алмазов, находящихся в «свободном» состоянии, и др. Прибрежно-морские россыпи возникают при относительно медленных морских регрессиях и трансгрессиях.

Климат также оказывает существенное влияние на образование прибрежно-морских россыпей. Наиболее благоприятен аридный климат с его «сухими» реками, обеспечивающими доставку алмазоносного материала на морское побережье из глубины континентов. При теплом и влажном климате доставка алмазоносного материала на побережье затруднительна, и прибрежно-морские россыпи возникают сравнительно редко. Примером может служить восточное побережье Южной Америки, где прибрежно-морские россыпи отсутствуют, несмотря на то что в Бразилии, Венесуэле, Гайане имеются довольно крупные алмазные месторождения.

Алмазоносный материал, поступивший на морское побережье, под действием ветров, обусловливающих волны прибоя и отбоя, движется в определенном направлении вдоль побережья и постепенно выбрасывается на берег, где он поступает в сферу влияния набегающих и сбегающих волн, истирающих его. При этом высверливаются котлы с вращательным движением воды, которые служат ловушками для алмазов. Кроме того, алмазы застревают на берегу позади крупной гальки. В некоторых котлах концентрация алмазов достигла нескольких сотен каратов на 1 м^3. Впоследствии в результате неоднородных тектонических движений одни участки были опущены ниже уровня, а другие приподняты с образованием морских террас различной высоты (до 180—200 м).

Существуют россыпи различного возраста, древние часто сцементированы в конгломераты.

Прибрежно-морские россыпи характеризуются большой протяженностью вдоль побережий, сравнительно незначительный шириной и мощностью. Наблюдается уменьшение содержания и среднего размера камней от устья приносящей алмазы реки в направлении господствующих ветров. Алмазы прибрежно-морских россыпей характеризуются большой изношенностью. Промышленным считается содержание алмазов не ниже 0,5—2 карата/м^3.

Морские россыпи образуются за счет прибрежно-морских и других россыпей, которые в результате тех или иных причин (тектонических, повышение уровня Мирового океана и др.) опущены ниже уровня океана. Собственно морских россыпей, образованных морскими течениями, неизвестно. Морские россыпи вблизи устья р. Оранжевой, протягивающиеся в виде двух полос на глубине 30 и 60 м при мощности до 18 м, являются не чем иным, как затопленными прибрежно-морскими россыпями. Этим подтверждается существование двух древних русел р. Оранжевой, находящихся почти на тех же уровнях, что и морские россыпи.

Россыпи эолового происхождения возникают в областях аридного климата за счет концентрации полезного компонента ветровой деятельности. Они приурочены к котловинам выдувания. Типичных дюнных алмазоносных россыпей неизвестно. Подобные россыпи обнаружены лишь в аридных областях, таких, как Намибия.

Дифляционные россыпи возникают на поверхности россыпей «сухих» рек. В результате длительного воздействия ветров определенного направления на поверхности россыпей «сухих» рек за счет выдувания мелких и легких компонентов этих россыпей возникают мелкие и крупные котловины выдувания, в которых происходит некоторое перемещение остаточного после вы-

дувания материала вдоль котловин в направлении господствующих ветров и концентрация его в дальних концах котловин выдувания. Мощность алмазоносных отложений в котловинах выдувания 0,15—7,5 м, они на 20—80% состоят из желтого песка и на 20—40% из более крупного материала размером 1—10 мм.

Содержание алмазов в дифляционных россыпях определяется числом и массой алмазов, собранных с одного квадратного метра площади котловины. Содержание алмазов в этих россыпях иногда достигает 60 каратов на 1 м³. Минимальное содержание, при котором разрабатываются россыпи, принято 0,2 карата на 1 м³. В настоящее время большинство дифляционных россыпей выработано.

Россыпи ледникового происхождения встречаются исключительно редко, поскольку в продуктах ледниковой деятельности за редкими исключениями какой-либо концентрации алмазов не происходит, т. е. ледниковые россыпи возникают лишь за счет богатых месторождений алмазов. Однако алмазоносные россыпи ледникового генезиса в ряде областей (Канада, Бразилия и др.) разрабатываются. Алмазоносные конгломераты ледникового происхождения известны в отложениях различного возраста (докембрийские конгломераты свиты Лаврас в Бразилии, пермские конгломераты Параны, третичные Диамантины и др.).

Глава II

АЛМАЗОНОСНОСТЬ АФРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Африканская платформа занимает почти всю площадь Африканского континента. На севере она ограничена Средиземноморским, на северо-востоке Красноморским, а на юге — Капским складчатыми поясами. Контуры платформы определяются положением окружающих ее складчатых поясов, от которых в тело платформы отходят узкие ответвления типа авлакогенов. Границы ее обычно выражены зонами крупных разломов; на северо-западе, юго-западе и востоке континента платформа продолжается в область шельфа и отделяется от глубоководных котловин океана зоной материкового склона.

Африканская платформа расчленяется на фундамент (метаморфический цоколь и складчатые комплексы нижнего и среднего докембрия) и чехол, сложенный нескладчатыми комплексами нижнего, среднего и верхнего докембрия (рис. 1). Выступы фундамента образуют щиты, а области сплошного развития чехла — плиты [Елизарьев Ю. З. и др., 1976].

Алмазные месторождения Африканской платформы дают до 98% общей мировой добычи (без СССР) алмазов. Они сосредоточены лишь в южной ее части. В ее пределах можно выделить западную, центральную, восточную и южную части.

Алмазные месторождения Западной Африки

В тектоническом отношении Западная Африка расположена в пределах Западно-Африканского (Гвинейско-Либерийского) щита, плит Таудени и Вольта, Нигеро-Атакорского складчатого пояса и западной части Нигеро-Мозамбикского щита. Наиболее древними породами этой части Африки являются отложения формации Дагомея [Колотухина С. Е. и др., 1964], сложенной кристаллическими сланцами, гнейсами, чарнокитами и др. (рис. 2). На формации Дагомея несогласно залегает серия Бирим, в пределах которой выделяются нижний отдел, представленный метаморфизованными филлитами, граувакками, туфогенными песчаниками и кристаллическими сланцами, и верхний отдел, состоящий из метаморфизованных основных лав и интрузивных пород с пропластками туфогенных песчаников и филлитов (2200 млн. лет). Серия Атакора слагает низы свиты Бирим. Более молодая серия Тарква отделена от Бирима несогласием и состоит из базальных конгломератов, песчаников, кварцитов с горизонтами золотоносных и алмазоносных конгломератов и с прослойками сланцев (1950 млн. лет).

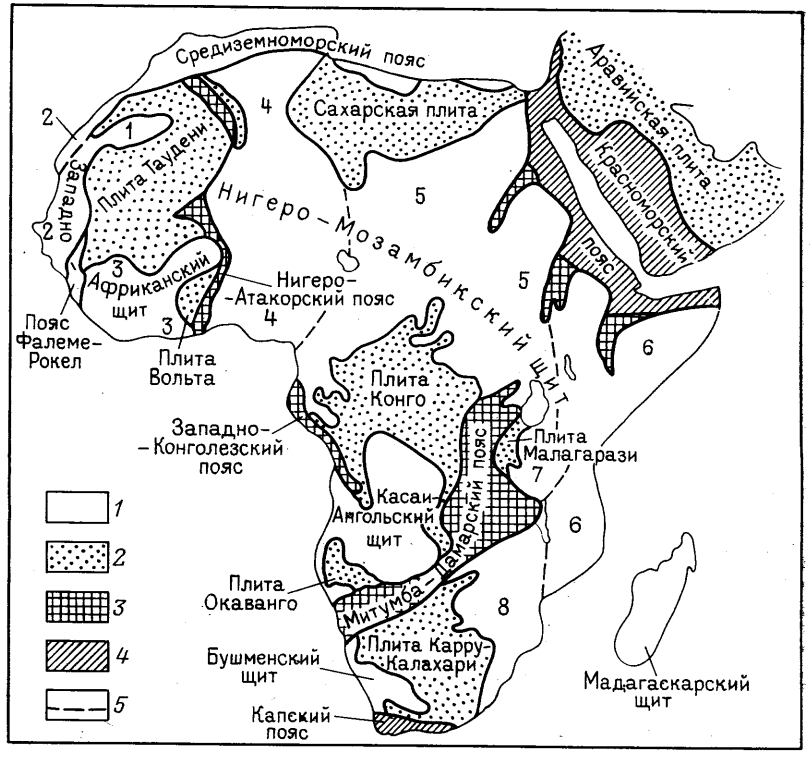

Рис. 1. Схема тектонического районирования Африки и Аравии. По *Ч. Б. Борукаеву, Ю. З. Елизарьеву* и др.

1 — щиты; *2* — плиты; *3* — внутриплатформенные складчатые пояса и зоны; *4* — складчатые пояса обрамления платформ; *5* — границы блоков. Блоки щитов: 1 — Регибатский, 2 — Мавританский, 3 — Гвинейский, 4 — Нигеро-Ахаггарский, 5 — Центрально-Африканский, 6 — Сомали-Мозамбикский, 7 — Танзанийский, 8 — Родезийско-Трансваальский

На указанных докембрийских сериях с значительным угловым несогласием располагается формация Фалемия, стратиграфическими аналогами которой являются серии Буем, Оти, Рокель и Бакель. Выше пород этих серий лежат кембрийские, силурийские, ордовикские и другие породы, образующие осадочный чехол Западной Африки. В пределах последней алмазные месторождения и отдельные находки алмазов известны в Сенегале, Гамбии, Мали, Гвинее, Сьерра-Леоне, Либерии, Верхней Вольте, Берегу Слоновой Кости, Гане, Того, Бенине, Нигерии, Нигере, Чаде и др.

Сенегал. В аллювии р. Фалеме найдено несколько мелких алмазов в условиях, аналогичных Мали.

Гамбия. Отдельные алмазы обнаружены в отложениях р. Гамбия вблизи границы с Гвинеей южнее Цукункуна и, по-видимому, имеют гвинейский источник.

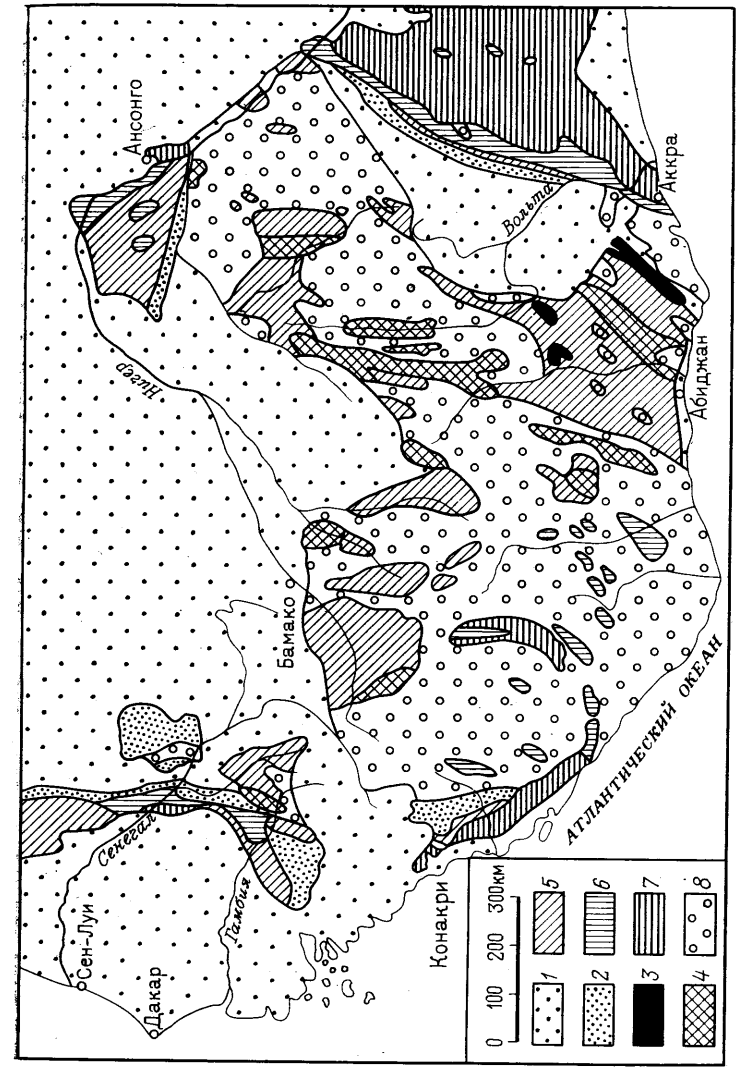

Рис. 2. Схема геологического строения докембрия Западно-Африканской алмазоносной области. По *М. Рокесу* [Roques M., 1948 г.].

1 — чехол; *2—7* — серии: *2* — Фалеме, *3* — Тарква, *4* — Верхний Бирим, *5* — Нижний Бирим, *6* — Атакора, *7* — Дагомея; *8* — плутоны Бирима

Мали. В Республике Мали известна алмазная площадь Каниеба в округе Бафулабе в бассейне среднего течения р. Фалеме [Marvier L., 1958; Bardet M. G., 1974]. В геоморфологическом отношении эта площадь представляет собой плато, наклоненное в сторону р. Фалеме и круто возвышающееся на востоке (уступ Танбаур). Речная сеть сильно развита и принадлежит правым притокам р. Фалеме, имеющим ряд порогов и перекатов. Западная часть района находится в бассейне р. Бафинг.

Наиболее древними породами, развитыми в районе Каниеба. является сильно метаморфизованная и дислоцированная серия Бирим (глинистые, глинисто-слюдистые, песчаные и филлитовые сланцы, амфиболиты и ороговикованные породы), развитая на плато между долиной р. Фалеме и обрывом Танбаур. На денудированной поверхности этих пород располагаются позднепротерозойские конгломераты, гравелиты и косослоистые песчаники серии Танбаур, слагающие одноименный обрыв высотой 200—300 м. На поверхности этих пород развиты латериты палеоген-неогенового возраста.

Из изверженных пород встречены мелкие силлы древних рассланцованных и окварцованных долеритов, залегающих среди биримских сланцев. За ними по возрасту следуют лейкократовые среднезернистые граниты, гнейсы, гранит-аплиты со слюдой и амфиболом. Еще более молодыми являются силлы, штоки, покровы и дайки молодых долеритов и их туфов, а также кимберлиты, кварцевые порфиры и др. Четвертичные отложения развиты по долинам рек.

Всего известно более 15 трубок и даек кимберлита. Группа у обрыва Танбаур состоит из пяти кимберлитовых трубок: Секономата (300×250 м), Торомайя (200×400 м), Цирк (800×400 м), Кобато (400×600 м) и Касама диаметром 240 м. У последней трубки сохранилось кольцо выброшенного материала, представленного латеритизированным кимберлитовым туфом. Ширина кольца 125 м, сохранившаяся мощность 1—4 м. Остатки кольца сохранились на северной, восточной и южной сторонах и отсутствуют на западной. В группе трубок Соколо имеются две трубки диаметром 200 м и мощная дайка. Кроме того, известны трубки Миссион, Дабара и Курукоби (рис. 3).

Трубки выполнены эруптивными брекчиями и туфобрекчиями кимберлитов, сложенных вкрапленниками оливина, чешуйками флогопита, округлыми зернами ильменита (с 10,5% MgO) и редким красновато-оранжевым пиропом (с 0,9% Cr_2O_3). Основная масса серпентин-карбонатная с перовскитом, магнетитом, мелкими октаэдрами красно-бурой шпинели и зернами красно-коричневого циркона. Содержание ксенолитов около 60%. Они представлены кварцевыми песчаниками, хорошо окатанной галькой кварцита, сланцами, аргиллитами и другими породами Бирима (табл. 5). В трубке Кобато известны ксено-

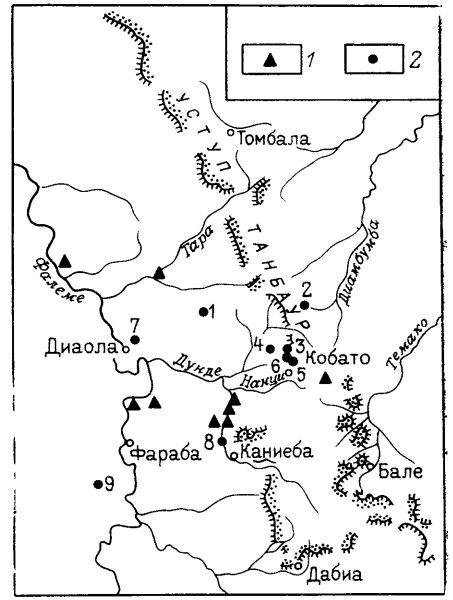

Рис. 3. Расположение выходов кимберлитов и находок алмазов на площади Каниеба в Республике Мали.

1 — находки алмазов; *2* — трубки кимберлитов: 1 — Дабара, 2 — Касама, 3 — Цирк, 4 — Секономата, 5 — Торомайя, 6 — Кобато, 7 — Соколо, 8 — Миссион, 9 — Курукоби

литы молодых долеритов, указывающих на молодой (мезозойский) возраст кимберлитов, возможно аналогичный гвинейским.

Опробование до глубины 100 м показало отсутствие алмазов. Алмаз, найденный по соседству с трубкой Секономата, по предположению французских геологов происходит из конгломератов, слагающих обрыв Танбаур.

Находки отдельных алмазов в аллювиальных отложениях в районе Каниеба довольно часты. Всего найдено свыше 30 камней, они обычно мелкие, но известны и крупные алмазы размером 98 и 137,5 карата. Источником находимых в районе

Таблица 5

Химический состав кимберлитов Мали (в вес. %). По *В. А. Милашеву* [1974]

№ п/п	Число анализов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MgO	CaO	K_2O+Na_2O	П.п.п.	Сумма
I	6	33,80	4,14	2,54	13,76	Не обн.	Не обн.	21,29	8,13	0,07	15,35	99,08
II	4	45,34	3,05	3,37	10,98	„	„	15,58	6,85	0,08	14,02	99,27
III	2	40,94	2,87	2,55	6,31	„	2,44	24,64	5,23	Не обн.	14,74	99,72
IV	1	42,00	5,00	8,76	15,71	„	2,08	7,78	1,55	„	16,96	99,84

I — трубка Цирк, кимберлит с глубин 13,6, 29—31 и 49,9—50,7 м; II — трубка Цирк, кимберлитовая брекчия с глубин 37,4, 46 и 50,1 м; III — трубка Кобато, кимберлитовая туфобрекчия с глубин 7,4 и 9,5 м; IV — трубка Секономата, кимберлитовая туфобрекчия с глубины 8—10 м.

Каниеба алмазов являются, по-видимому, конгломераты, обнажающиеся в обрыве Танбаур.

Гвинея. В геоморфологическом отношении вся территория Гвинейской Республики разбита на четыре области [Козлов И. Т., 1966; Кухаренко А. А. и др., 1971; и др.].

1. Юго-Восточная, или Лесная Гвинея, представляющая собой гористую область с сильно расчлененным рельефом, с отдельными вершинами высотой до 1088 м. Она является водоразделом рек Нигера, Мило, Ниандана и других, текущих на север, и рек Макона, Диани, Лоффа и других, впадающих в Атлантический океан. Реки изобилуют водопадами, порогами и перекатами и имеют неуравновешенный продольный профиль.

2. Северо-Восточная, или Верхняя, Гвинея, расположенная в бассейне среднего течения р. Нигер, представляет собой более или менее выравненную поверхность с пологовершинными холмами — остатками древнего пенеплена высотой 780—850 м. В долинах современных рек установлено до пяти надпойменных террас, из которых верхняя имеет плиоценовый возраст. Отмечаются реликты долин более древней речной сети.

3. Центральная Гвинея, или Фута-Джалон, состоящая из серии расчлененных возвышенностей высотой 600—1500 м с плоскими вершинами и обрывистыми склонами. Реки обладают глубокими каньонообразными долинами. Намечается до шести поверхностей выравнивания с высотами от 150—200 до 1100—1200 м.

4. Западняя, или Нижняя, Гвинея, представляющая собой в большей части плоскую заболоченную равнину шириной 30—150 км, примыкающую к Атлантическому океану. Побережье океана сильно изрезано и изобилует эстуариями и заливами, по которым морские приливы высотой 3—4 м распространяются вдоль рек на 15—20 км.

В структурном отношении Гвинея расположена в пределах Западно-Африканского (Гвинейско-Либерийского) щита. По данным Б. М. Михайлова [1969 г.], наиболее древними породами Гвинеи являются архейские гнейсы и кварциты серии Дагомея, развитые преимущественно в южной части страны (рис. 4). Следующие по возрасту породы серии Бирим обнажаются в северо-восточной и отчасти в западной частях страны. Различают две сильно метаморфизованные толщи — нижнюю осадочную с прослоями эффузивов и верхнюю, преимущественно эффузивную. Некоторые авторы нижние члены серии Бирим относят к серии Атакора. Далее по возрасту следует серия Тарква, состоящая в основном из конгломератов и песчаников, слабо метаморфизованная и прорываемая лишь дайками долеритов. Породы этой серии в среднем течении р. Мило, известные под именем конгломератов Лекоро, возможно алмазоносны. К формации Фалемия относится серия Рокель, обнажающаяся в районе

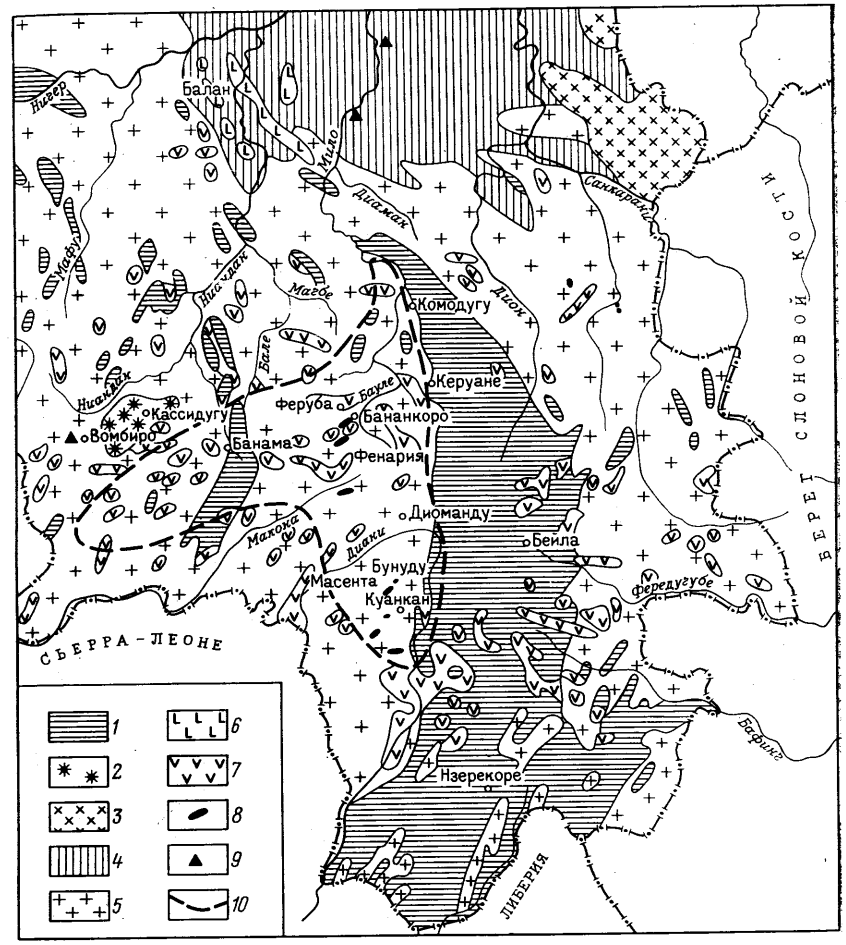

Рис. 4. Схематическая геологическая карта алмазоносных площадей Гвинеи.
1 — серии Дагомея и Атакора (нижний архей); *2* — граниты Касидугу (архей); *3* — метасоматические гранитоиды и мигматиты (верхний архей); *4* — серия Бирим (нижний протерозой); *5* — биотит-амфиболовые и амфиболовые граниты (протерозой); *6* — амфиболизированные андезиты (верхний протерозой); *7* — долериты (верхний палеозой); *8* — кимберлиты (мезозой); *9* — отдельные находки алмазов; *10* — граница алмазоносного района

г. Киндия. Она представлена зелеными, красными и черными сланцами.

Осадочный чехол щита сохранился лишь в его северо-западной части и сложен кембрийскими сланцами, песчаниками, тиллитами и аргиллитами, ордовикскими косослоистыми песчаниками, силурийскими черными сланцами, девонскими песчаниками с брахиоподами, палеогеновыми и неогеновыми глинистыми

песчаниками и мергелями, морскими и речными четвертичными отложениями (галечниками, песками и глинами).

Выделяют шесть магматических циклов: 1) нижнеархейский — сильно метаморфизованные ультраосновные и мигматизированные основные и кислые породы; 2) верхнеархейский — интрузии анатектоидных гранитов и метасоматических гранитов; 3) нижнепротерозойский — амфиболитизированные основные породы, серпентиниты, пироксениты и биотит-амфиболовые диориты; 4) верхнепротерозойский — постбиримские граниты, диориты, риолиты и др.; 5) палеозойский — диориты и реже сиенит-порфиры и гранит-порфиры; 6) мезозойский — кимберлиты.

В Гвинее имеются коренные и россыпные месторождения алмазов, сосредоточенные в пределах Лесной Гвинеи. Коренные месторождения представлены кимберлитами. Известны следующие кимберлитовые узлы.

Дайки Фенарии расположены в районе рек Фулумба, Фарангуй и Флегии. Они приурочены к зоне дробления гранитов северо-западного простирания, прослеженной на расстояние около 25 км. Дайки представляют собой тонкие извилистые тела с частыми мелкими раздувами и пережимами мощностью от нескольких до 20—30 см, в раздувах мощность их достигает 50—90 см. Отдельные дайки прослежены на 50—200 м. Некоторые дайки имеют зональное строение — центр сложен мелкозернистой породой, а зальбанды — порфировидной со следами течения. Вмещающие сланцы крутопадающие. Большинство даек алмазоносные, среднее содержание алмазов 4 карата/м^3. Средний размер камней 0,09 карата.

Дайки Бананкоро расположены в долине р. Бимбоко, а трубки по руч. Бананкоро. Известно девять даек северо-восточного и реже юго-восточного простирания. Наиболее крупная дайка на левом берегу руч. Бананкоро прослежена на 120 м при мощности 1—2,5 м. Четыре дайки субширотного простирания известны вблизи р. Саранбалы и прослеживаются по простиранию на 200—250 м при мощности 0,5—1 м, а в раздувах до 10—12 м. Расстояние между дайками 50—100 м. Содержание алмазов в дайках 0,01—0,08 карата/м^3.

В районе Бананкоро имеется пять трубок. Трубка 1 овальной формы занимает площадь 4200 м^2 и содержит алмазов 0,42 карата/м^3. Средний размер камней 0,29 карата. Трубка 2 овальная, площадь ее 7830 м^2, алмазов содержится 0,04 карата/м^3. Средний размер камней 0,06 карата. Трубка 3 овальная, площадь ее 9900 м^2, содержание алмазов 0,17 карата/м^3. Средний размер камней 0,08 карата. Трубка 4 неправильной формы, с апофизами, площадь ее 16 090 м^2 со средним содержанием 0,12 карата/м^3. Средний размер камней 0,13 карата. Трубка 5 овальная, площадью 4910 м^2, содержание алмазов 0,18 карата/м^3. Средний размер камней 0,06 карата.

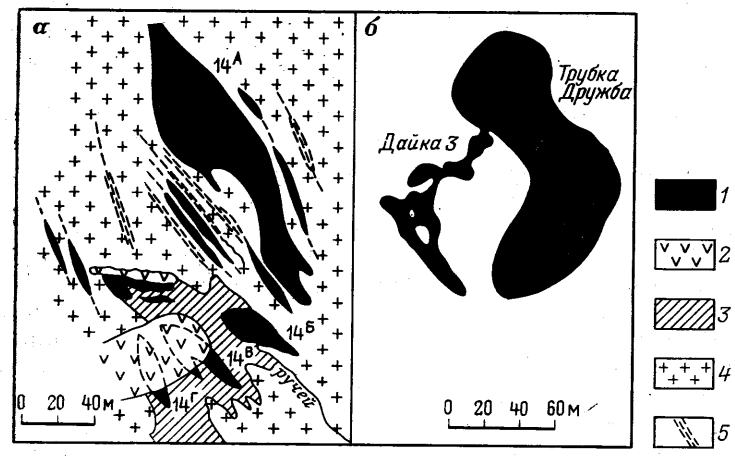

Рис. 5. Форма трубчатых тел кимберлитов Гвинеи.
а — кимберлитовое тело 14, *б* — план трубки Дружба и дайки 3.
1 — кимберлиты; *2* — долериты; *3* — сланцы; *4* — граниты; *5* — зоны смятия

Дайки Ферубы расположены в бассейне р. Бауле и приурочены к субширотной зоне длиной 10—15 км при ширине до 1 км. Дайки обычно концентрируются в «узлы». Известно 13 даек с крутым падением мощностью 0,5—5 м, содержание алмазов 0,17—0,54 карата/м^3. Средний размер алмазов 0,2 карата. В непосредственной близости от пос. Феруба выявлен крупный кимберлитовый штокверк (тело 14). На площади в 2,5 га установлено 12 кимберлитовых тел, которые расположены в 5—20 м одно от другого и имеют вытянутую форму с углами падения 30—80°. От основных тел отходят многочисленные апофизы. Самые крупные тела имеют размеры 175×25, 50×10, 50×12, 50×8 м [Владимиров Б. М. и др., 1971].

Дайки Бунуду расположены в бассейне р. Масенты. Имеются три зоны даек — Бунудинская, Авалийская и зона Губароко (бассейн р. Диани и ее притоков). Всего обнаружено 20 даек и одна трубка Дружба (170×50 м). Эта трубка не взрывного происхождения, а является результатом выполнения кимберлитом зон трещиноватости тектонического происхождения на пересечении субширотных разломов с субмеридиональными (рис. 5). В месте пересечения развита крупнообломочная брекчия с кварцевым и кварц-хлоритовым цементом. В ее центральной части расположено кимберлитовое тело мощностью около 20 м, занимающее площадь 8470 м^2. Западнее его имеется дайка 3 сложного строения с многочисленными апофизами.

Бунудинская зона прослежена на 4,5 км и состоит из 12 параллельных даек. Авалийская зона длиной 2 км и шириной 100—150 м имеет две кимберлитовые дайки мощностью каждая

1,3 м — одна северо-восточная, другая широтная. В зоне Губароко длиной 2 км и шириной 200—300 м найдены две дайки широтного простирания — одна кимберлитовая, а другая долеритовая мощностью 0,6 м. В пойме р. Колокоро находится сложная дайка, состоящая их трех сближенных тел мощностью 0,07, 0,1 и 0,43 м, между которыми развиты маломощные прожилки и линзы кимберлита. Содержание алмазов в сложной дайке 0,85—3,65 карата/м³.

Трубка Антошка находится в бассейне верхнего течения р. Бугубана (левый приток р. Бомбоко), среди метасоматических гранитов на пересечении двух разломов. Это наиболее крупная трубка в Гвинее размером 350×150 м. В западной части она выполнена слюдистым кимберлитом, в центральной — туфом, а в восточной — туфобрекчией.

Маконская площадь расположена в верхнем течении рек Маконы, Ууауфе и Ууаугбе. На водоразделе Маконы и Ууауфе обнаружены две зоны кимберлитов — южная шириной 2,5 м и северная шириной 5 м. Они сложены кулисообразно вытянутыми дайками мощностью 0,2—2 м, а в раздувах до 4 м, прослеженных на расстояние 500—600 м, редко более. Кроме даек имеются две группы кимберлитовых трубок. К первой относятся трубки 15 (200×40 м), 10 (200×140 м) и 13 (размеры не известны), соединенные между собой дайками.

Вторая группа расположена в 2 км к западу от первой. К ней принадлежат трубки 17 (120×40 м), 15 (120×30 м), 16 (160×40 м) и 18 (160×50 м). В трубке 15 содержание алмазов 0,38 карата/м³, а трубки 16 и 18 — пустые.

Кимберлиты Гвинеи приурочены к северо-западной и субширотной трещиноватости. Наиболее четко выражена субширотная зона Фенария, прослеженная на расстояние около 500 км и интенсивно насыщенная кимберлитовыми телами. Восточнее пос. Фенария эта зона срезана северо-восточной кимберлитовой зоной, прослеженной от пос. Бунуду до пос. Феруба на расстояние 450 км при ширине 50 км (абиссолит). В пределах этих зон кимберлиты распространены полосами длиной 2—10 км и шириной 2—5 км.

Таким образом, в пределах Гвинеи имеются преимущественно дайки и жилы, реже трубки и штокверки кимберлитов. Форма трубок весьма разнообразная (рис. 6), размеры их от 1200 до 50 000 м². Обычно они сложены одной разновидностью кимберлитов. Вмещающие породы на контакте с кимберлитами часто брекчированы. Дайки кимберлита обычно приурочены к зонам смятия, мощность их редко превышает 1—2 м, но часты раздувы и пережимы.

Кимберлиты обычно представлены слюдяным типом. Вкрапленники сложены оливином, реже пикроильменитом, еще реже пиропом, хромдиопсидом и флогопитом. Основная масса обычно

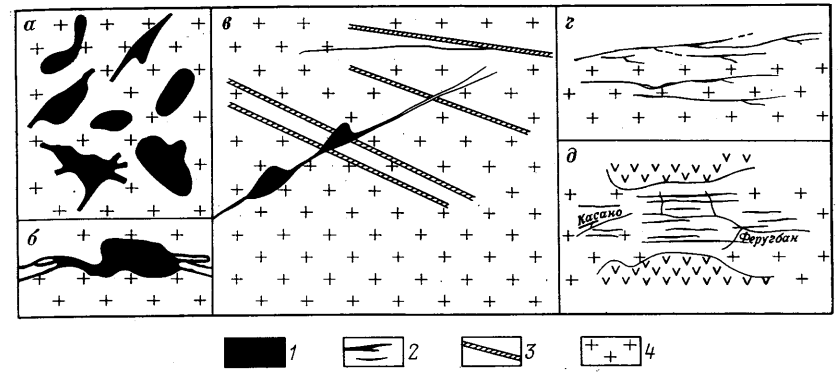

Рис. 6. Форма кимберлитовых даек Гвинеи.

а — вытянутые трубки, связанные с дайками, *б* — дайкоподобное тело Фереду, *в* — отношения трубок и даек района Бананкоро, *г* — серия даек зоны Фенария, *д* — серия даек зоны Феруба.

1 — кимберлитовые трубки; *2* — кимберлитовые жилы; *3* — долериты; *4* — граниты

мелкозернистая или микролитовая, сложена флогопитом, авгитом и оливином с небольшим количеством серпентина, карбоната, перовскита, хлорита, граната, пироксена, апатита и редко опала. Кимберлит даек Фенарии характеризуется отсутствием пиропа. Кроме массивного кимберлита встречаются и кимберлитовые брекчии, сложенные обломками слюдяных кимберлитов, долеритов и вмещающих пород, преимущественно гранитного состава в кимберлитовой связующей массе. Родственные включения редки, чаще встречаются включения гранулитов (табл. 6).

Кимберлитовые породы Гвинеи в ряде случаев отличаются повышенным содержанием SiO_2 и щелочей, за редким исключением они содержат алмазы, причем в дайках больше, чем в трубках.

Алмазные россыпи Гвинеи довольно широко распространены. Известны следующие типы россыпей: элювиальные на выходах кимберлитов, делювиальные на пологих склонах и на водоразделах вдоль простирания даек и аллювиальные россыпи бассейна р. Нигер и рек, стекающих в Атлантический океан. Вследствие большей эрозии склонов, обращенных к океану, главный водораздел постепенно смещается с юга на север. За третичный период он сместился на север на 24 км.

Разрабатываются преимущественно россыпи современной речной сети. В ее пределах развиты русло, пойма, высокая пойма высотой 0,5—4 м и надпойменные террасы I (высота 6—10 м), II (10—12 м), III (12—13 м) и IV (16—20 м). Все террасы алмазоносные; содержание алмазов в них увеличивается от верхних террас к нижним.

Таблица 6

Химический состав кимберлитов Гвинеи (в вес. %)

Компоненты	Кимберлит даек Бананкоро	Кимберлит дайки Бунулу	Трубка Дружба	Трубка 5 Бананкоро	Дайка 3 трубки Бананкоро (среднее из трех анализов)
SiO_2	37,10	39,54	39,14	32,20	30,58
TiO_2	1,76	1,48	3,44	3,61	2,20
Al_2O_3	5,95	5,77	3,94	2,44	1,21
Cr_2O_3	0,27	0,20	Нет данных	0,12	0,28
Fe_2O_3	9,35	8,17	11,33	11,32	10,57
FeO	3,09	3,59	3,09	4,93	4,89
NiO	0,18	0,02	Нет данных	0,07	0,10
MnO	0,18	0,04	0,16	0,23	0,19
MgO	22,00	22,12	21,36	30,23	31,81
CaO	8,65	6,96	4,62	2,76	5,19
Na_2O	0,29	0,88	0,87	0,84	0,15
K_2O	2,70	2,52	2,06	0,83	0,48
P_2O_5	0,84	0,20	0,50	0,16	1,31
CO_2	2,31	1,87	0,83	1,06	0,52
H_2O	1,49	3,98	1,20	0,68	0,62
П.п.п	3,46	2,13	6,87	8,69	10,03
Сумма	99,62	99,47	99,41	100,17	100,13
Аналитики	В. Затеева	Н. Дворяк	В. Затеева	Н. Дворяк	В. Затеева

Россыпи бассейна р. Бауле—притока р. Мило, впадающей в р. Нигер. Река Бауле алмазоносна почти на всем своем протяжении. Разрабатываются русловые россыпи на суженных участках реки, где река пересекает дайки долерита и образует пороги. Ширина россыпей около 70 м, содержание алмазов до 4,5 карата/м³. Россыпи высокой поймы прослеживаются почти на всем протяжении реки. Мощность аллювия 3,6—8 м, содержание алмазов 0,64 карата/м³. Надпойменная терраса I развита слабо. Мощность аллювия 0,5—0,6 м. Распределение алмазов неравномерное — 0,2—2,41 карата/м³. Терраса II имеет ширину 120—500 м, мощность аллювия 2,5—3 м, содержание алмазов 0,19—1,23 карата/м³. Терраса III, развитая на участке от устья р. Бимбоко до Тугбароко, слабо разведана. Ширина ее 150—500 м, мощность аллювия 0,1—8,4 м; на ней широко развита кираса мощностью 0,5—3 м. Алмазоносны также притоки р. Бауле, рч. Саранбали и их притоки.

На правом берегу рч. Бананкорки на выходах кимберлитов обнаружена делювиальная россыпь мощностью 1—8,2 м с содержанием алмазов 0,66 карата/м³.

Россыпи бассейна р. Диани, впадающей в океан и размывающей кимберлиты Бунуду, связаны с выносом алмазоносного

материала боковыми притоками р. Сомоло — левого притока р. Авили—и боковых правых притоков. Кроме аллювиальных, здесь известны и делювиальные россыпи на водоразделе рек Сомоло и Диани. Россыпи небольшие, с содержанием алмазов 0,53—1,28 карата/м³. По притокам р. Диани эксплуатируются россыпи русловые и нижней и высокой пойм. Террасовые россыпи вследствие низкого содержания алмазов эксплуатируются как исключение. Содержание алмазов в русловых россыпях 0,13—1,60 карата/м³.

Россыпи бассейна Верхней Маконы, впадающей в Атлантический океан, сосредоточены в верховьях рек Маконы, Дафе и Уау. Разрабатываются русловые и пойменные россыпи, приуроченные к долинам мелких притоков. Ширина их не превышает первых десятков метров, мощность аллювия 0,3—0,8 м, а наносов 1,7—2,5 м. В среднем и нижнем течении р. Маконы россыпи отсутствуют.

Отдельные находки алмазов известны и в западной части Гвинеи в аллювии рек Кункуре, Дукуре, Коленте и др., а также в районе горы Лобе в истоках р. Кумба и левых притоков р. Конрима и по р. Тинкисо. На одном из притоков р. Мило в районе сел Лекаро найдены аллювиальные алмазы, коренные источники которых неизвестны. По-видимому, вторичными их источниками являются песчаники Табана или конгломераты Лекаро.

Алмазы месторождений Гвинеи весьма различны (табл. 7). Большое количество алмазов, добываемых в Гвинее, представлено осколками и обломками. Содержание последних в кимберлитах достигает 41%, а в россыпях 23%. Средний размер алмазов изменяется от 0,07 карата в трубке Дружба до 0,35 карата в кимберлитах Бананкоро. Наиболее крупный ювелирный алмаз размером 273 карата был найден на Бунудинской площади. На этой площади добываются и наиболее высококачественные камни.

Сьерра-Леоне. В тектоническом отношении, как и Гвинея, она расположена в пределах Западно-Африканского щита. Алмазные месторождения Сьерра-Леоне находятся в восточной части республики [Pollet J. D., 1951]. Эта часть Сьерра-Леоне представляет собой ряд плато высотой 300—600 м над уровнем океана. Их западная окраина ограничена сильно размытым обрывом, за пределом которого расположены параллельные гряды холмов с плоскими вершинами почти равной высоты. Они рассечены рядом крутосклонных долин, по которым реки, спускаясь к океану, образуют ряд водопадов и перекатов [Dixey F., 1922].

Верхние части рек, где расположены главные алмазные россыпи, характеризуются признаками значительной древности и изредка заболочены. В среднем течении реки текут в широких долинах, в пределах которых они сильно меандрируют. В ниж-

Таблица 7

Содержания алмазов различного цвета и кристаллографических форм на разных алмазоносных площадях (в %)

Алмазоносная площадь	Тип месторождения	Цвет					Алмазы ювелирного качества	Кристаллографическая форма		
		бесцветные	серые	коричневые	желто-зеленые			октаэдры	додекаэдры	кубы
Ферубинская	Кимберлиты Россыпи	82,8 54—66	15—26 —	5—10 —	— —		5,9	50,2 30—40	24,4 25—33	1,5 0,3—2,2
Бугбанская	Кимберлиты Россыпи	43,9 51,8	23,4 13,6	24,9 21,4	—		21,3	12,9 18,8	77,8 59,8	2,3 2,2
Бонанкорская	Кимберлиты Россыпи	5—66,7 49—74	15,3—50 11,1—20,5	3,1—14,5 11,1—31,9	— —		15,3	3,5—100 18,9—60	44,9—85,3 0—18,5	Редко 11,1
Фенарийская	Кимберлиты	19,4—61	12,2—29,8	19,5—50	—		4,7	0,4—33,3	48,7—98,9	Нет
Маконская	Кимберлиты Россыпи	66 71,5	19,1 3,6	— 17,3	6,4 7,6		Нет данных	28,9 37,1	53,0 44,5	2,2 7,3

нем течении наблюдаются следы нового эрозионного цикла, в результате которого произошло углубление долин и возник ряд водопадов. Действие морских приливов иногда распространяется по рекам на 40—50 км вверх по течению.

Главная алмазоносная р. Сева и другие, спускаясь к прибрежной равнине и прорезая сильно изрезанный край обрыва плато Коймадугу, образуют ряд водопадов высотой 20—30 м. На выравненных участках плато имеются заболоченные площади с реликтами древней речной сети вне всякой связи с современной. Эти реликты древней речной сети представлены широкими и плоскими понижениями, обрамленными крутыми склонами высотой 60—70 м. Крупные современные реки нередко врезаны в древние долины на глубину до 200 м и образуют в них ущелья.

Алмазоносная площадь Сьерра-Леоне в основном сложена молодыми гранитами с останцами более древних пород [Dixey F., 1925], и лишь на юге страны в пределах прибрежной равнины обнажается полоса докембрийских пород свиты Касила, представленных гранатизированными биотитовыми и амфиболовыми сланцами и гнейсами, пироксеновыми и полевошпатовыми гнейсами, лейкократовыми гранулитами и ленточными кварцитами (рис. 7). Останцы кровли в основном образованы сланцами Камбуи (хребты Камбуи, Нима, Гори, Кангари и Сула). Свита Рокелл сложена сильно метаморфизованными осадочными и изверженными породами — амфиболитами, серпентинитами, тальковыми, хлоритовыми, биотитовыми, актинолитовыми и тремолитовыми сланцами, чаще всего изверженного происхождения, а также конгломератами, кварцитами, роговиками и ленточными железняками осадочного генезиса.

Сланцы Камбуи собраны в крутые меридиональные складки и сильно изменены контактовым метаморфизмом и местами покрыты латеритами мощностью до 30 м. С выходами сланцев Камбуи пространственно связаны некоторые алмазные россыпи; по-видимому, часть алмазов Сьерра-Леоне связана с размывом конгломератов и песчаников свиты Камбуи. Прорывающие эти породы молодые граниты в основном представлены биотитовыми и реже роговообманковыми разностями. Граниты сопровождаются жилами кварца и пегматитами, содержащими золото, касситерит, тантало-ниобиты и др. В третичном периоде эти породы подверглись процессам латеритизации. Из изверженных пород известны дайки и силлы долеритов (185 млн. лет) и кимберлиты. Наиболее молодыми породами являются галечники, пески и глины речного, дельтового, озерного и морского происхождения, объединенные в свиту Буллом, которая слагает береговую полосу шириной свыше 40 км.

В пределах Сьерра-Леоне в основном эксплуатируются россыпные месторождения следующих типов [Junner N. R., $1943_{1,2}$].

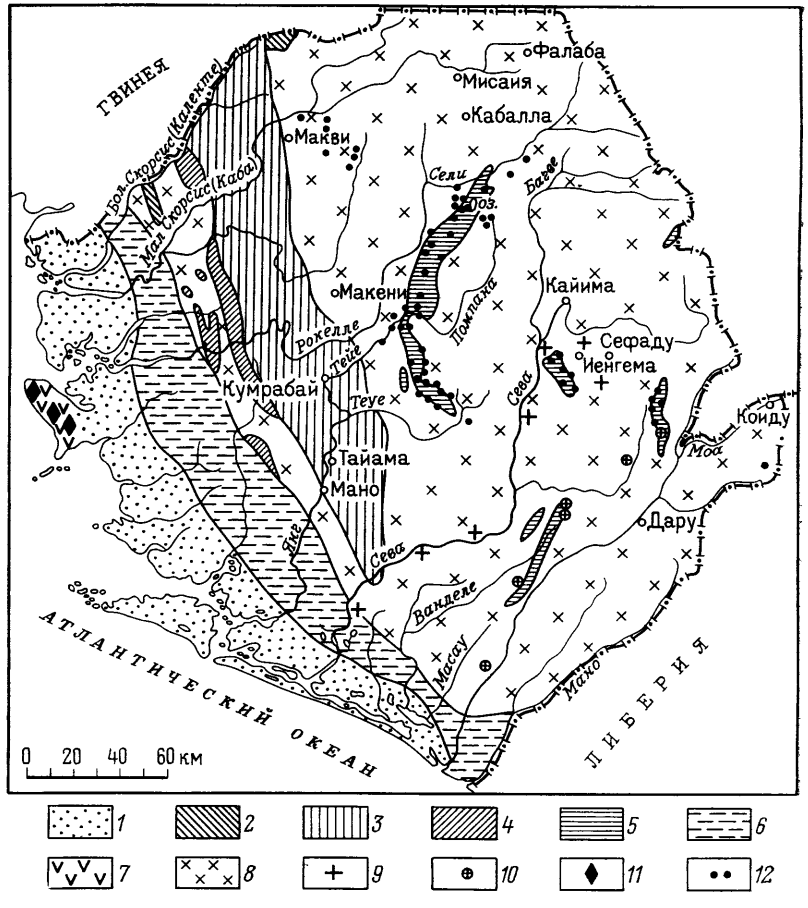

Рис. 7. Схематическая геологическая карта алмазоносных площадей Сьерра-Леоне.

1 — свита Буллом (плейстоцен — современные); *2* — свита обрыва Сайониа; *3* — свита Рокелл; *4* — сланцы Марампа; *5* — сланцы Камбуи; *6* — сланцы Касила; *7* — нориты и габбро; *8* — граниты; *9* — алмазы; *10* — хромит; *11* — платина; *12* — золото

1. Русловые и террасовые россыпи древней речной сети, не совпадающей с современной, мощность галечников 0,6—1,5 м, а наносов 0,6—6 м.

2. Русловые, пойменные и террасовые россыпи современной речной сети.

3. Флетс — россыпи, приуроченные к понижениям в долинах рек. Они обычно сильно водоносны и содержат большое количество валунов. Мощность этих россыпей 0,45—1,2 м. Содержание в них алмазов более или менее постоянное 0,4—1,25 карата/м^3, и алмазы приурочены к плотику россыпей.

4. Россыпи, приуроченные к заболоченным понижениям среди выветрелых гранитов. Длина россыпей 300—1000 м, ширина около 50 м. Алмазы попали в понижения в результате размыва отложений высоких террас. Часто встречаются крупные алмазы.

Россыпи верхних террас современной речной сети отличаются от россыпей нижних меньшей мощностью галечников и часто отсутствием латеритовой покрышки. Содержание алмазов в россыпях низких террас 0,3—1,07 карата/м^3. Алмазы в русловых россыпях крупных водотоков чаще всего концентрируются в западинах плотика у водопадов, где местами содержание их достигает 20 каратов/м^3.

О значении отдельных типов россыпей в общей добыче алмазов можно судить по следующим данным: в период влажных сезонов русловые и пойменные россыпи дают 5% общей добычи, россыпи низких террас 40%, высоких 25%, флетс и заболоченных низин 30%.

Известны следующие россыпные районы.

Бассейн верхнего течения рек Севы и Бафи и их притоков — рек Моинде, Войя, Мейя, Гбоборо в районах Иенгема и Сефаду. В районе Коиду по рекам Мейя и Моинда в радиусе 2,5 км было добыто 9 млн. каратов алмазов — этот район по богатству был первым в мире. На р. Войе содержание алмазов 6 каратов/м^3, но местами оно повышается до 80—100 каратов/м^3. На р. Войгойя в одной из выработок содержание алмазов достигло 331 каратов/м^3. В 1945 г. на р. Войе был найден алмаз размером 770 каратов.

В районе Иенгема россыпи Бондафайя, Ганя и др. были беднее россыпей района Коиду. В них был найден борт размером 783 каратов, а в 1972 г. ювелирный алмаз 969,9 каратов.

Бассейн среднего и нижнего течения р. Сева алмазоносен на отрезке протяженностью 160 км — от пос. Яйманими до пос. Сумбуа, где имелись алмазные россыпи, образовавшиеся в результате размыва террасовых отложений.

В промежутке между реками Тонго и Моа в бассейне правых притоков р. Моа известны россыпи вблизи сел. Фаинду, Пангума, Лорго, Ниахуа, Хангхая, Киова и др. В среднем и нижнем течении р. Моа известны бедные россыпи на протяжении 30 км. На междуречье Моа и Мано (к западу от пос. Зимми) найдены алмазные россыпи, не содержащие минералов кимберлитов. Имеются россыпи по правобережью р. Мано вблизи пос. Кисивуру.

В бассейне р. Макема (Лоангула) вблизи либерийской границы обнаружены пойменные и террасовые россыпи, содержащие большое количество ильменита, особенно в районе Вайма. Отдельные находки алмазов известны и в бассейнах рек Конджи, Тейи и др. Среднее содержание алмазов в россыпях по годам изменяется от 1,01 до 1,29 карата/м^3.

Коренным источником алмазов россыпей Сьерра-Леоне являются кимберлиты, идентичные и одновозрастные кимберлитам Гвинеи, являющиеся их юго-западным продолжением. Преобладают жилы и дайки, трубки кимберлита встречаются редко. Имеется несколько районов распространения кимберлитов — Коиду, Багбема, Пангума, Файаме (Вайма) и др.

В 1948 г. на алмазной площади Коиду северо-восточнее Сефаду в бассейне р. Бафи среди сильно выветрелых гранитов были встречены жилы и дайки глинистого материала, содержащие алмазы. При бурении на глубине 400 м были обнаружены жилы и дайки кимберлита. На площади 20×15 км было установлено 12 групп кулисозалегающих жил и даек кимберлита северо-восточного простирания. Дайки вертикальные и наклонные, прослеживаются по простиранию на 500—800 м. Местами наблюдаются линзообразные раздувы. Встречено три трубчатых тела кимберлитов. Трубка 1 занимает площадь 0,3 га, трубка 2, расположенная в 800 м от трубки 1, площадью 0,44 га, на востоке переходит в серию даек, трубка 3 находится в 6 км к северо-востоку от трубки 1, еще не разведана. К востоку от трубки 3 имеется кольцевая дайка кимберлита с диаметром 140 м.

Кимберлит, заполняющий трубки и дайки, принадлежит двум разностям — массивному кимберлиту и кимберлитовой туфобрекчии с изверженным цементом. Крупные дайки как правило брекчированы, обломки гранита в них сцементированы сильно выветрелым (до глин) кимберлитом. Массивный кимберлит представляет собой порфировидную породу с вкрапленниками серпентинизированного оливина, флогопита, ильменита и реже граната. Основная масса состоит из серпентина, карбонатов, лучисто-волокнистого апатита, зерен перовскита, хромита, магнетита и некоторых других минералов.

Кимберлит Коиду содержит (в %): серпентинизированных псевдоморфоз по оливину 57,7; флогопита 24,2; кальцита 8,1; рудных минералов 5,4; перовскита 2,4; апатита 1,2. Ксенолиты представлены исключительно вмещающим гранитом. Изредка встречаются родственные включения (эклогиты и гранатовые серпентиниты). Кимберлитовая туфобрекчия состоит из обломков вмещающих гранитов, количество которых изредка превышает объем изверженного цемента. О химическом составе кимберлитов Коиду (в вес. %) можно судить по образцу кимберлита с глубины 79 м от поверхности [Bardet M. G., 1974]:

SiO_2	33,25	P_2O_5	0,53
TiO_2	2,09	CO_2	2,82
Al_2O_3	1,75	H_2O^-	0,83
Cr_2O_3	0,23	H_2O^+	6,84
Fe_2O_3	7,99	ZrO_2	0,01
FeO	2,95	NiO	0,18
MnO	0,16	F	0,12
MgO	31,40	BaO	2,07
CaO	5,62	S	0,13
K_2O	0,88	Сумма	99,94
Na_2O	0,10		

Содержание алмазов в кимберлите 87 каратов/100 т. Трубка 1 эксплуатировалась до глубины 90 м. На этой глубине размеры трубки увеличились, но содержание снизилось, и работы были прекращены.

Кроме верховьев р. Сева в 50 км к югу от р. Тонго прослежены две зоны кимберлитовых даек — Лондо и Райеме, менее богатые, чем дайки Коиду, отличающиеся от последних повышенным содержанием пикроильменита и хромита и пониженным — пиропа. Дайки этих зон маломощные, ветвящиеся, сильноизмененные, для них характерно более крутое падение.

К западу от кимберлитов Тонго находится группа Пангума, состоящая из семи даек. Дайки наклонные, в висячем боку их граниты сильно хлоритизированы. Главная дайка имеет протяженность 1,26 км, мощность 0,45 м и содержание алмазов 1 карата/м^3.

На границе с Либерией в Файаме обнаружены четыре кимберлитовые дайки, прослеженные вдоль р. Моро на 15 км. Падение их близкое к вертикальному. Содержание алмазов 0,03—0,22 карата/м^3.

Кимберлиты Сьерра-Леоне слабо разведаны и изучены, поэтому перспективы их алмазоносности далеко не выяснены. Существование богатых россыпей с крупными алмазами позволяет предполагать, что на территории Сьерра-Леоне существуют еще не обнаруженные богатые кимберлитовые тела [Grantham D. R., Allen J. B., 1960]. Возраст кимберлитов Сьерра-Леоне, определенный K—Ar методом, 92 млн. лет.

Алмазы Сьерра-Леоне в основном представлены двумя типами — чистыми алмазами и алмазами в оболочке из алмазного материала. Часто эти два типа алмазов встречаются совместно в одной и той же дайке. Алмазы с оболочками составляют около 30% всей добычи страны. Величина алмазов Сьерра-Леоне изменяется в весьма широких пределах — от алмазного песка до гигантов размером сотни карат. Наиболее крупный ювелирный алмаз весил 969,9 карата. Средняя величина добываемых в Сьерра-Леоне алмазов около 0,5 карата. Большинство алмазов представлено октаэдрами, иногда черепитчатого строения, часть кристаллов — октаэдрами, удлиненными по одной из осей симметрии. Додекаэдры сравнительно редки. Часты включения графита.

Чистые алмазы обычно бесцветные, но иногда имеют желтоватый, бледно-коричневый, буроватый и другие оттенки. Встречается много алмазов с зелеными пятнами пигментации и со следами износа.

Алмазы в рубашке представлены чистыми алмазами, покрытыми оболочкой зеленоватого, сероватого и желтоватого цвета. На крупных алмазах толщина оболочки 2—3 мм, на мелких она значительно тоньше. Некоторые кубы размером в 2—3 мм иногда целиком сложены материалом оболочки. Текстура оболочки однородная или полосчатая. Среди алмазов в оболочке преобладают октаэдры. Алмазные оболочки обычно содержат повышенные количества примесей. Содержание SiO_2 и MgO в оболочке 0,7%, часто она содержит следы алюминия и титана. Густота окраски оболочки зависит от ее толщины. Оболочка хрупкая и часто на алмазах сохраняются лишь ее следы. При огранке алмазов она легко удаляется. Содержание ювелирных разностей в Сьерра-Леоне 35—45%. Встречается большое количество пятнистых и трещиноватых камней и их обломков.

Спутниками алмазов в концентратах являются разноокрашенные корунды, циркон, силлиманит, ильменит, магнетит, эпидот, роговая обманка, хромит, рутил, гранат, турмалин, единичные зерна кианита, пироксена, шпинели, сфена и хризоберилла.

Добычу алмазов в Сьерра-Леоне производят старатели и правительство. Ежегодная официальная добыча алмазов 1,2—1,7 млн. карат, но в действительности она значительно больше, так как часть добываемых алмазов нелегально вывозится в соседние страны (Либерию, Того, Конго и др.).

Берег Слоновой Кости. Эта республика, как и предыдущие, расположена в пределах восточной части Западно-Африканского щита, сложенной гнейсо-гранитами, чарнокитами, терригенными отложениями Бирим (формация Тортья), выполняющими геосинклинальные структуры преимущественно субмеридионального простирания. Формация Тортья песчаная, с линзами конгломератов, располагается среди типичных осадочно-вулканогенных пород Бирим (амфиболитовые и туфогенные сланцы, гематитовые кварциты, гондиты и др.). Она сложена отдельными пластами граувакк и аркозов с линзами конгломератов мощностью в несколько метров и суммарной мощностью около 100 м. Конгломераты состоят из хорошо окатанной гальки гранита эллипсоидальной формы, железистых кварцитов и метавулканических пород. Эта формация является алмазоносной, алмазы присутствуют в песчаном цементе. Коренной источник алмазов неизвестен. Возраст ее аналогичен возрасту конгломератов Бирима Ганы (2100—2300 млн. лет). Породы Бирим прорваны более молодыми гранитами. Мезозойский и кайнозойский осадочный покров известен лишь на крайнем юге, вблизи побережья Атлантического океана (рис. 8).

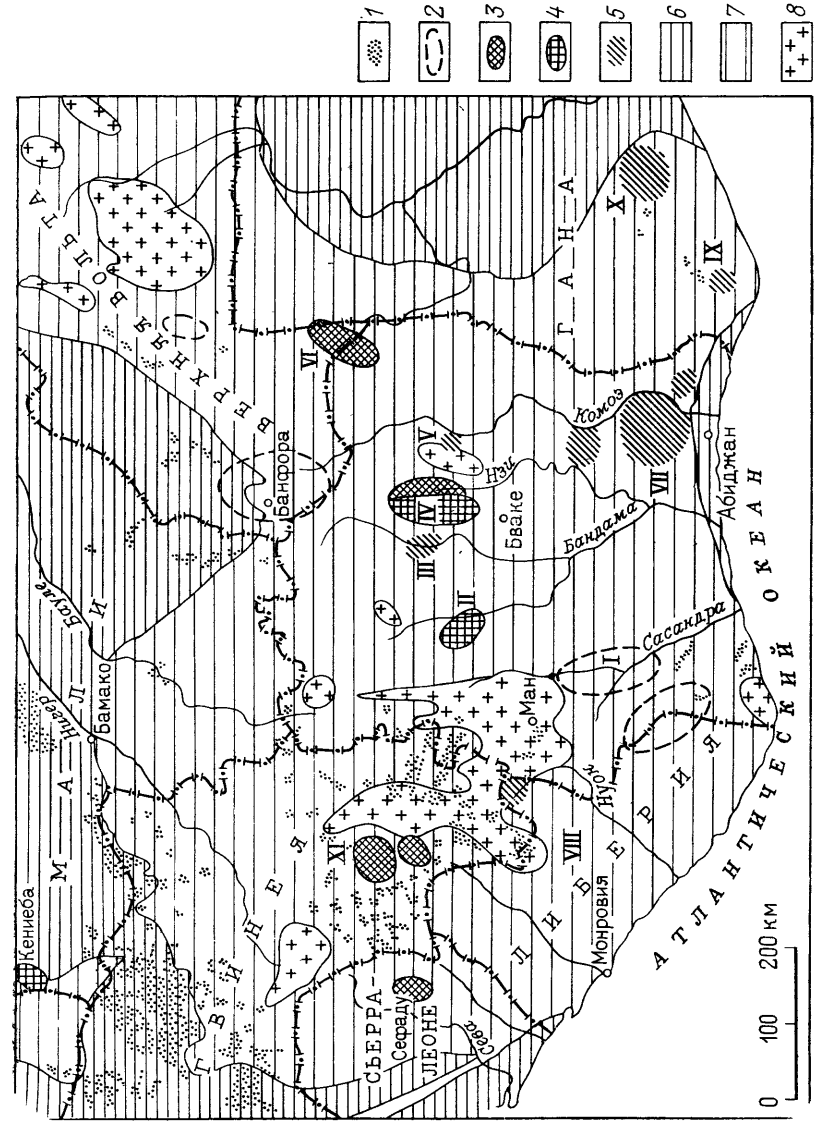

Рис. 8. Расположение кимберлитов и долеритов в Западно-Африканском кратоне.

1 — долериты; 2 — предполагаемые площади распространения долеритов; 3 — площадь молодых кимберлитов; 4 — площадь древних кимберлитов (1400—1000 млн. лет); 5 — площадь распространения зоны древних кимберлитов (свыше 1460 млн. лет); 6 — складчатые формации покрова; 7 — цоколя породы (2000 млн. лет); 8 — породы основания (2700 млн. лет)

Алмазоносные площади: I — Сасандра, II — Сегела, III — Бу-Бандама, IV — Хоут-Нзи, V — Даба-кола, VI — Батие-Бу-на, VII — Юго-Восточная, VIII — Саноквеле, IX — Бонза, X — Бирим, XI — Масента

Из более молодых изверженных пород присутствуют жилы и дайки кимберлита (1400 млн. лет) мощностью редко свыше 1 м. Дайки ориентированы в меридиональном направлении, падение их 15—60°. С глубиной дайки расщепляются на ряд мелких пропластков. Жилы и дайки выполнены массивными слюдяными кимберлитами, альнеитами и лампроитами, между которыми установлены постепенные переходы. Слюдяные разности кимберлитов алмазоносные. Более молодыми породами являются долериты (1100—1000 млн. лет), есть и более молодые кимберлиты (100 млн. лет).

В пределах Берега Слоновой Кости найдены как коренные месторождения в кимберлитах, так и россыпные по рр. Ковалли, Сасандра, Бандама, Нзи, Камоэ и Черной Вольте, связанные с размывом алмазоносных кимберлитов и алмазоносных конгломератов формации Тортья. Известны следующие алмазные площади: Сасандра, Сегела, Бу-Бандама (Тортья), Хоут-Нзи, Дабакола, Батие-Буна, Юго-Восточная и ряд более мелких (рис. 9).

Площадь Сасандра расположена в бассейне одноименной реки. Алмазоносны верховья реки на протяжении 40 км выше Прискон-Бридже. Отдельные находки алмазов известны и ниже по реке в районе пос. Ме, а также по ряду притоков (реки Нюен, Буйо, Ме и др.). В бассейне р. Сасандра открыты две кимберлитовые дайки с запасами алмазов 160 000 каратов с содержанием 0,5 карата/м^3 [Ружицкий В. О., Скульский В. Д., 1971].

Площадь Сегела в бассейне р. Бандама на водоразделе Яни и Марахуе, где известны россыпи Бопорото в 30 км севернее г. Сегела, в 12 км западнее г. Маньоно, в 18 км юго-западнее г. Конгоси и ряд других. Разрабатываются аллювиальные, делювиальные и элювиальные россыпи на выходах конгломератов Тортья и кимберлитов Тубабуко и Боби. Содержание алмазов 0,2—0,25 карата/м^3; средний размер их 0,28—0,30 карата. Преобладают изометричные округлые гексотетраэдры, реже встречаются двойники. Чаще встречаются бесцветные прозрачные камни, реже голубоватые, желтые, зеленые и даже черные.

Дайка Тубабуко расположена параллельно кл. Тубабуко (правый приток р. Бонополи), в 30 км к северу от площади Сегела. Кроме того, бурением подсечены еще четыре дайки на глубинах 20, 40, 60 и 90 м мощностью 1—1,5 м с восточным падением. Дайка Тубабуко при мощности 1,4 м прослежена на расстояние 3,5 км в субмеридиональном направлении с падением 60° на запад. Дайка залегает в красных и зеленых гранитах, превращенных под влиянием щелочного метаморфизма в фениты (рис. 10). Мощность оторочек около 1 м. Вмещающие граниты сильно хлоритизированы, эпидотизированы и обогащены K_2O, TiO_2 и P_2O_5. Контакты иногда подчеркиваются прожилками кварца, халцедона и гематита. Кимберлиты Тубабуко [Knopf D., 1970] представлены рыхлой голубовато-зеленой

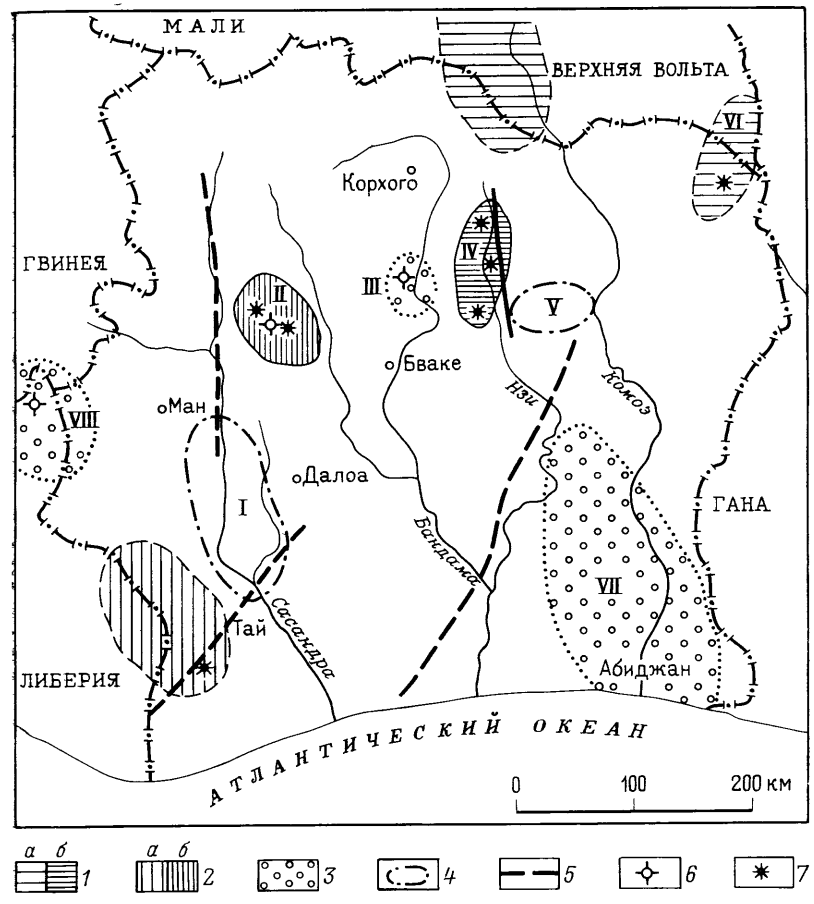

Рис 9 Схема расположения алмазоносных площадей Берега Слоновой Кости

1—3 — площадь распространения *1* — базальтовых кимберлитов (*а* — установленные, *б* — предполагаемые), *2* — слюдяных кимберлитов (*а* — установленные, *б* — предполагаемые), *3* — древних алмазоносных конгломератов; *4* — предполагаемые алмазоносные площади; *5* — разломы; *6* — промышленные месторождения; *7* — кимберлиты Алмазоносные площади (римские цифры) см на рис 8

породой с тальком, слюдой и обломками вмещающих гранитов. Оливин замещен кальцитом с тальком, серпентинит занимает промежуточное положение. Ильменит лейкоксенизирован, пироп отсутствует, флогопит вторичный. Кроме них присутствуют магнетит, рутил, замещенный сфеном, апатит, циркон, амфибол, алмаз и др. С глубиной увеличивается количество хлорита и уменьшается талька. Кальцит распространен до глубины 50 м. Имеется небольшое количество галенита, сфалерита и шеелита. Возраст кимберлита 1367±54 млн. лет, в среднем 1400 млн. лет.

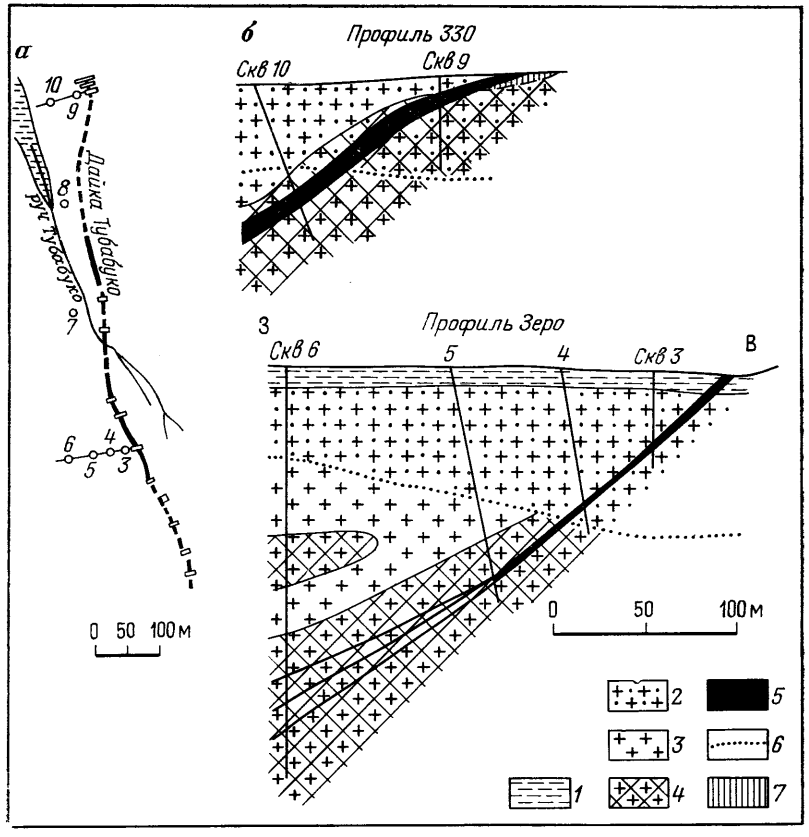

Рис. 10. План (*а*) и разрезы (*б*) кимберлитовой дайки Тубабуко, Берег Слоновой Кости

1 — глины, *2* — рыхлые выветрелые граниты, *3* — граниты, *4* — фенитизированные граниты, *5* — кимберлиты, *6* — граница выветривания, *7* — отработанная площадь

Среднее содержание алмазов около 1 карата/м^3, распределены они в кимберлитах весьма неравномерно.

Система кимберлитовых жил Боби расположена в 2—3 км к северо-западу от с. Боби и в 15—16 км к юго-востоку от дайки Тубабуко. Жилы Боби маломощные, но очень богатые алмазами. Они тесно связаны с жилами пустого лампроита, напоминающего фицролит Западной Австралии. Содержание алмазов в жилах Боби 10 каратов/м^3. Они прослежены на расстояние 600 м. Алмазы на 70% представлены додекаэдраидами (ромбододекаэдрами и гексоктаэдрами с округлыми гранями), 1,1% октаэдрами, 4,9% двойниками, 24% кристаллами смешанного габитуса.

Таблица 8

Химический состав кимберлитов, альнеитов и лампроитов (в вес. %) [Knopf D., 1970]

№ п/п	Число анализов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
I	3	56,30	2,00	1,57	5,17	1,71	0,08	25,94	1,07	0,08	0,47	0,59
II	2	36,34	3,54	10,32	5,85	1,43	0,10	26,34	5,63	0,14	0,04	0,40
III	1	44,23	6,60	7,14	11,22	0,35	0,11	15,13	2,21	0,10	0,97	1,85
IV	2	36,02	5,14	8,67	11,00	1,30	0,10	22,63	3,57	0,07	0,05	2,26

I — дайка Тубабуко, слюдяной отальковaнный кимберлит, II — дайка Тубабуко, слюдяной хлоритизированный кимберлит, III — площадь Сегела, отальковaнный альнеит, IV — то же, хлоритизированный альнеит

Кимберлиты сопровождаются жилами альнеита с большим количеством слюды и амфибола, а также хлорита и талька и жилами мелкозернистого лампроита с лейцитом, флогопитом, хлоритом, апатитом, сфеном, анатазом, амфиболом и другими минералами (табл. 8.). Имеются все переходы от альнеитов к слюдяным кимберлитам [Knopf D., 1970].

Пространственное положение, существование взаимных переходов между кимберлитами, альнеитами и лампроитами позволяют предположить, что все эти породы являются этапами эволюции единой щелочно-ультраосновной магмы.

Площадь Бу-Бандама (Тортья) находится в бассейнах рек Белая Бандама и Бу, в 90 км к югу от г. Корхого и протягивается от заболоченного устья р. Бу вдоль по реке на 80 км [Casanova R., 1971]. Разрабатываются элювиальные, делювиальные и аллювиальные россыпи, возникшие за счет разрушения конгломератов формации Тортья, одновозрастной (2100—2000 млн. лет) с конгломератами Бирим Ганы [Bardet M. G., 1974]. Источник алмазов этих конгломератов неизвестен. В тяжелых концентратах кимберлитовые минералы отсутствуют. Алмазные россыпи известны в бассейне р. Бу вблизи пос. Гуандора, по р. Бувлия в 15 км к югу от этого поселка и в ряде других мест. Отдельные алмазы найдены по р. Белая Бандама в районе поселков Буандугу, Марахагуасо, Бодокро и др.

Алмазы формации Тортья характеризуются незначительными размерами и преобладанием кристаллов октаэдрического габитуса. Так, в партии из 1150 камней 50% составляли октаэдры, 25% додекаэдры, 10% алмазы переходных форм, 2% двойники и 13% прочие. Содержание алмазов в конгломератах формации Тортья 0,30—0,35 карата/м^3. За все время добычи по 1973 г. было добыто 3,54 млн. карата.

В районе р. Бу, в 30 км юго-восточнее г. Кадиока, была найдена дайка лампроитов с лейцитом (кимберлитовая?) с высоким содержанием алмазов. Более подробные данные отсутствуют.

Площадь Хоут-Нзи расположена в верхнем течении р. Нзи, к востоку от железной дороги. На этой площади известны кимберлиты и алмазоносные конгломераты Тортья. Отдельные алмазы найдены в аллювии р. Нзи вблизи пос. Деки-Куадиокро, в районе пос. Киано и Нголодугу и в ряде других мест. Кимберлиты встречены в двух точках — на севере площади по р. Ломи (правый приток р. Нзи) и в 15 км к восток-северо-востоку от Тафире, где обнаружена извилистая дайка сильно выветрелого базальтового кимберлита мощностью 0,02—0,10 м с простиранием 46° и падением 70—80° на юг. Кроме того, кимберлиты встречены на юге площади в Конангоно на Пальмовом острове, где обнаружена дайка базальтового кимберлита мощностью 0,1 м с падением 5—10° на северо-восток. Дайка сложена массивным серпентинизированным и окварцованным кимберлитом с большим содержанием ильменита (до 10—12%). Кроме ильменита в дайке присутствуют оливин, хромистый пироп, рутил и вторичные минералы — серпентин, амфибол (?), иддингсит, хлорит, опал, халцедон, каолинит, монтмориллонит. Алмазов в дайке не обнаружено. Химический состав кимберлита Конангоно [Knopf D., 1970] следующий (в вес. %):

SiO_2	74,63	MgO	3,44
TiO_2	2,02	CaO	0,18
Al_2O_3	1,59	Na_2O	0,06
Fe_2O_3	10,04	K_2O	0,19
Feo	1,35	P_2O_5	0,09
MnO	0,12		

Возраст кимберлита по палеомагнитным данным 1400 млн. лет.

Кроме кимберлитов на площади Хоут-Нзи известны алмазоносные конгломераты формации Тортья, в которой среди аркозов и аркозовых сланцев найдены линзы алмазоносного конгломерата, сложенные на 70—90% окатанной и угловатой галькой кварцита и на 10—25% галькой аркозов. Размер гальки от 1—2 до 10—15 см. Цемент — серицитизированный аркозовый песчаник (2—20%). Эти конгломераты служат источником алмазов делювиальных и аллювиальных россыпей в средней части площади в районе Пиере-Коку, по рч. Пикоу (приток р. Лома), по рч. Буху (приток р. Пиере) и в бассейне р. Питофагуа. Отдельные алмазы найдены в аллювии р. Нзи вблизи пос. Деки-Куадиокро, в районе пос. Киано, в районе пос. Нголодугу и в ряде других мест в бассейне р. Нзи.

Площадь Дабакола (Сегбоно) находится на востоке площади Хоут-Нзи, между правыми притоками р. Камое (р. Сегбоно и др.) и левыми р. Нзи (рч. Латолуэ, Фиумбео и др.). Имеется ряд делювиальных и аллювиальных россыпей, связанных с размывом конгломератов Тортья. Алмазы площади Дабакола на 59% представлены додекаэдрами, на 15% октаэдрами и на 26% бесформенными обломками. Обнаружено несколько аномалий кимберлитового типа, которые еще не проверены.

Юго-Восточная площадь находится на юге республики, к северу от Абиджана в бассейне р. Камоэ в пределах геосинклинали Абуассо. Алмазные россыпи связаны с выходами формации Тортья, сложенной переслаиванием маломощных пластов глинистых сланцев, граувакк и граувакковых сланцев с отдельными линзами конгомератов. Эти отложения прорваны гранитами. Среднее содержание алмазов в россыпях 0,3 карата/м³. Большинство алмазов бесцветные, октаэдров 32%, додекаэдров 22,5%, двойников 37,5%, обломков неопределенной формы 8%. Алмазы мелкие, около 96% меньше 0,1 карата. Средний размер алмазов 0,04 карата. Кроме того известны находки алмазов на побережье океана в лагуне Эбри.

Площадь Батие-Буна в бассейне р. Черная Вольта, на границе с Верхней Вольтой. Алмазы известны по левым притокам р. Черная Вольта — рч. Кулби и Кунде, в 20 км к северо-востоку от сел. Буна. В шлихах встречены хромистый гранат и пикроильменит вместе с мелкими алмазами. Обнаружена дайка кимберлита с простиранием 130—140° и падением 5—10° на северо-восток.

Характерной особенностью алмазоносности Берега Слоновой Кости является присутствие кимберлитов протерозойского возраста, сильно измененных процессами метаморфизма. Алмазоносны их слюдяные разности. Древние кимберлиты Западно-Африканского щита так же, как и более молодые, представлены исключительно жильными телами субмеридионального простирания, параллельными сбросам Субре, Дамбокро, Алекс и др.

В отличие от других мировых провинций алмазоносные кимберлиты Берега Слоновой Кости сопровождаются альнеитами, лампроитами и другими родственными породами, которые местами также содержат алмазы.

Возраст кимберлитов Берега Слоновой Кости по флогопиту 1400 млн. лет, таким образом они не являются коренным источником более древних формаций Тортья, Лекоро, Бирим и др., развитых в пределах Западно-Африканского щита [Knopf D., 1970].

Верхняя Вольта. Алмазоносность Берега Слоновой Кости продолжается и в Верхней Вольте. Здесь алмазы встречены на продолжении к северу алмазоносных площадей Батие-Буна и Банфора (Берег Слоновой Кости). Алмазы обнаружены также в бассейне р. Бугуриба, на ее притоке рч. Габо-Дауласо.

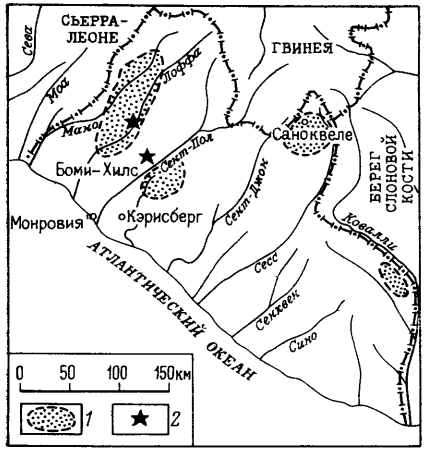

Рис. 11. Схема расположения алмазоносных площадей в Либерии.
1 — алмазоносные площади; *2* — кимберлиты

Либерия. Алмазные площади Либерии так же, как Гвинеи и Сьерра-Леоне, расположены в восточной части Западно-Африканского щита и в геологическом и геоморфологическом строении имеют с ними очень много общего [Leuria B., Stracke K. J., 1966]. На севере Либерии этот щит сложен преимущественно архейскими, а на юге нижнепротерозойскими породами Бирима, с которыми ассоциируют метагаббро и граниты. К более поздним образованиям относятся габбро, долериты и кимберлиты.

В пределах Либерии известно несколько алмазных площадей (рис. 11).

Площадь Конглия находится в Западной провинции, в бассейнах рек Лоффа и Мано [Leuria B., 1968], вблизи границы с Сьерра-Леоне. Здесь установлены две полосы россыпей — западная в бассейне р. Мано к северу от Гранд-Кап-Моунт и Робертсиатта и восточная — в среднем течении р. Лоффа.

Западная полоса протягивается от холмов Боми на юге, захватывая район Бополо и притоки р. Лоффа — рч. Бутупу, Уа-Гай, Уа-Фарма, Уа-Дай, Уа-Мата, Уа-Жуа-Гба и Баймобор — до Гранд-Кап-Моунт на севере. Продолжением этой площади на севере является поле Циа на водоразделе р. Мано и расположенные в 15 км к западу поле Кумба и поле Веа-Суга (в 30 км к югу от пос. Циа).

Восточная полоса захватывает среднее течение р. Лоффа и ряд ее притоков и протягивается на 100 км вдоль реки. Разрабатываются русловые и террасовые россыпи на высотах 6, 10 и 20—36 м. На террасах алмазоносные галечники сохранились лишь в западинах плотика.

Источником алмазов площади Конглия являются кимберлиты, приуроченные к зонам северо-восточного простирания. Дайки маломощные, с бедным содержанием, обнажаются в русле р. Лоффа и некоторых ее притоков. О их химическом составе можно судить по анализу кимберлита рч. Кутуя [Bardet M. G., 1974].

SiO_2	29,45	CaO	10,55
TiO_2	3,06	Na_2O	0,30
Al_2O_3	2,20	K_2O	1,00
Fe_2O_3	7,85	P_2O_5	0,72
FeO	3,15	H_2O^-	0,75
MnO	0,14	H_2O^+	8,05
MgO	24,80	CO_2	7,90
		Сумма	99,92

Содержание отдельных элементов в кимберлите Кутуля следующее (в 10^{-6}%):

Sc	0,20	Zn	57,0
V	0,227	Sr	735,0
Cr	1070,0	Cu	186,0
Ni	970,0	U	0,34
Co	106,0	Ba	0,885

Содержание алмазов в дайках непромышленное.

В Центральной провинции известно две алмазные площади — одна в бассейне рек Жунку и Сент-Пол, где алмазоносны правые притоки р. Сент-Пол (рч. Баффулу, Маффа и др.), расположенные в 60—80 км к северо-востоку от г. Монровия, и притоки р. Жунку (рч. Жиблонг, Бор и др.). В геоморфологическом отношении эта площадь расположена на ровной и плоской равнине, рассеченной глубокими речными долинами с водопадами и перекатами. Район сложен гнейсами и кристаллическими сланцами с интрузиями норитов. Породы на поверхности сильно выветрелые и подверглись процессам каолинизации и латеритизации.

Алмазоносный участок в русле р. Жиблонг находится между водопадами Пакла-та и Иема-та. Ширина россыпей 70—75 м, длина до 2 км, средняя мощность галечников 1,8 м, средний размер алмазов 0,25—0,30 карата. Тяжелые концентраты россыпей состоят из кианита, корунда, пирита, ильменита, циркона, рутила, эпидота, красного граната и золота.

Алмазы известны и по р. Бор — притоку р. Жиблонг — протекающему вблизи г. Кэрисберга, в 5 км ниже водопада Иема-та. Содержание алмазов в россыпях невысокое. Известны также находки алмазов вблизи сел. Каката, расположенного в 55 км к северу от Монровии.

В сел. Мано-Годуя в 35 км к северу от г. Монровия обнаружены кимберлиты. Более подробные данные отсутствуют.

Вторая алмазная площадь в Центральной провинции расположена в бассейне рек Сент-Джон и Сесс. Известны две зоны алмазных россыпей. Одна расположена к западу от гор. Нимба в районе Саноквеле, а другая южнее гор Нимба к западу от верховьев р. Нюон в районе Бахи на границе с Берегом Сло-

новой Кости. Эта площадь протягивается от г. Бахи на юге до Цулоуа на севере. Она находится в верхнем течении р. Сент-Джон в районе Секо вблизи водораздела с правыми притоками р. Сесс. Алмазные россыпи расположены по рч. Ие-Хо, Тепе-Ие, Калайах, Кори-Ие и Иен-Ие. В тяжелых концентрациях встречены рутил, ильменит, магнетит, корунд и золото.

На этой площади встречено пластообразное тело с алмазами, залегающее среди сильно метаморфизованных протерозойских графитизированных сланцев. Оно разрабатывалось карьером до глубины 9 м. В нем ни пиропов, ни пикроильменита встречено не было. Вероятно это тело представляет собой метаморфизованную алмазную россыпь. Эта находка указывает на то, что в Либерии имеются и древние коренные источники алмазов.

В Восточной провинции алмазы известны в бассейне р. Ковалли, протекающей параллельно границе с Берегом Слоновой Кости в районе Тода около Тапери в 160 км от побережья.

Средний размер алмазов Либерии не превышает 0,2—0,3 карата. Качество алмазов невысокое, ювелирные разности составляют менее 30% добычи. Из кристаллических форм преобладают октаэдры, нередко с округлыми гранями. Присутствует некоторое количество двойников, обломков по спайности и бесформенных камней. Большинство алмазов бесцветные, реже встречаются желтые и коричневые. Камни с признаками износа отсутствуют.

По форме, размерам и качеству алмазы с р. Лоффа резко отличаются от алмазов из района Сеноквеле. Первые более мелкие, но лучшего качества, а вторые более крупные и низкосортные. Коренным источником алмазов Либерии являются кимберлиты двух возрастов — древние и молодые, аналогичные кимберлитам Гвинеи. Официальные данные о добыче алмазов в Либерии не публикуются. Исходя из масштаба и характера алмазных месторождений Либерии, можно предполагать, что она незначительная, порядка нескольких десятков тысяч карат в год. Ежегодный экспорт алмазов из Либерии составляет 400—800 тыс. карат, по-видимому, значительный процент его составляют алмазы, нелегально поступающие из соседних стран.

Гана расположена на самом востоке Западно-Африканского щита и заходит несколько за его пределы. В геоморфологическом отношении территория Ганы может быть разделена на несколько областей.

1. Прибрежные равнины области Аполлония на западе, Одда и Квимта в центре и открытые береговые равнины Аккра и Акватия на востоке. Эти равнины вдоль побережья Гвинейского залива имеют ширину от 30 км, разделены крутыми, отвесными берегами высотой до 60 м и заболочены. Подъем берегов фиксируется рядом морских и озерных террас высотой 3—6, 9—15, 21—24 и 30—34 м над уровнем моря.

Сильно расчлененная равнина с остаточными холмами и хребтами области Денкуира, Воссау, Акима и Южного Ашанти высотой 225—350 м наклонена в сторону океана. На ее поверхности расположены широкие и плоские равнины рек Вольта, Пра, Тано и их притоков, на которых имеются небольшие водопады и перекаты.

2. Плоскогорья Северного и Центрального Ашанти высотой 420—480 м, вытянутые в северо-западном направлении на 190 км, являющиеся водоразделом рек, впадающих в Гвинейский залив, и правых притоков р. Вольты.

3. Депрессия бассейнов рек Вольты, Пуру, Боре-су, Обосума и Афрама с пологим дном и пологими склонами, за исключением ее восточной части, где она ограничена крутым обрывом. Реки этой области в летнее время часто пересыхают.

4. Плато Вала-Груним-Мом пруса Северных территорий, расчлененное узкими долинами крупных рек — Черной Вольты, Мамбили, Кулпауна, Сиссили и Белой Вольты, врезанные в долины более древней речной сети. Основные алмазные площади находятся в бассейне р. Бирим — притоке р. Пра и р. Бонза — притоке р. Анакобра в пределах прибрежной равнины в сильно расчлененной холмистой области [Junner N. R., $1943_{1,2}$].

Эти площади сложены нижнепротерозойскими породами свиты Бирим, состоящей из двух отделов. Нижний отдел представлен метаморфизованными филлитами, граувакками, туфогенными песчаниками и кристаллическими сланцами, а верхний — метаморфизованными основными и ультраосновными изверженными породами, тонкозернистыми, часто брекчированными и измененными до состояния красных глин. Они содержат пропластки туфогенных песчаников, филлитов и граувакк. Мощность пород Бирим несколько километров, они смяты в складки северо-северо-западного простирания. На контакте с гранитами породы Бирим подверглись интенсивному контактовому метаморфизму. Алмазоносность пород Бирим подтверждена находкой 27 алмазов в районе Атианкама в выветрелых туфогенных песчаниках и филлитах нижнего отдела Бирим.

Следующей по возрасту является Тарквайская серия верхнего протерозоя, залегающая с резким угловым несогласием на породах нижнего отдела Бирим и гранитах. Установлены две полосы этих пород: первая протягивается от Архима до Капонго, а вторая находится в среднем течении рек Черная Вольта и Тана. В бассейне Тарквы Тарквайская серия заполняет прогиб, вытянутый в северо-восточном направлении, ширина прогиба 10—35 км, прослежен на 250 км. Ряд выходов пород этой серии известен на западной границе Ганы.

Нижние члены серии Тарква представлены кварцитами и конгломератами группы Кавере. Алмазоносны базальные слои конгломератов. Они сильно метаморфизованы и состоят из угловатой и окатанной гальки лав и туфов верхнего отдела Бири-

ма, реже гальки яшм, кварца, кварцевого порфира, турмалиновой породы, филлитов и кристаллических сланцев. Цемент песчаный, состоит из зерен кварца, полевого шпата, хлорита, эпидота, магнетита и карбонатов. Мощность пород группы Кавере 240—630 м.

Выше залегает свита Банкет, состоящая из кварцитов, крупнозернистых песчаников и конгломератов. Конгломераты верхней части свиты содержат алмазы и золото.

На свите Банкет залегают филлиты Тарква мощностью 250—300 м и песчаники Гуни мощностью 450 м. Общая мощность серии Тарква около 2700 м. Породы этой серии образовались в межгорных впадинах и в узких шовных структурах в нижнепротерозойских складчатых породах. Осадочные породы Бирима и Тарквы пересечены дайками и силлами метаморфизованных основных и кислых изверженных пород и жилами кварц-турмалиновой породы. С конца позднего протерозоя бо́льшая часть территории Ганы являлась областью устойчивого подъема, и более молодые породы (свиты Акватия, Буем, Вольта и др.) распространены весьма ограниченно.

Все перечисленные выше породы подверглись интенсивным процессам выветривания. Мощность коры выветривания 90—120 м, и большинство речных долин современной речной сети не выходит из пределов коры выветривания. В третичный период все более древние породы подверглись процессам латеритизации. Четвертичные отложения в основном представлены речным аллювием и морскими прибрежными отложениями.

Коренные источники алмазов Ганы неизвестны. Поставщиком алмазов в древнюю и современную речную сеть являлись конгломераты Бирима и Тарквы, но промышленных концентраций алмазов в этих отложениях не известно. Выделяют следующие промышленные типы россыпей.

Аллювиальные россыпи древней (третичной?) речной сети располагаются на вершинах холмов, протягивающихся вдоль р. Бирима на расстоянии 5—7 км от нее. Они сложены галькой устойчивых к выветриванию пород (кварц, роговики и др.). Содержание алмазов в этих россыпях бедное. Россыпи разрабатываются лишь в районе Антиаками и Бевдуа, где содержание алмазов достигает 0,5—1 карата/м^3. Значительная часть алмазов этих россыпей заключена в лимонитовые конкреции.

Среди аллювиальных россыпей современной речной сети различают две разновидности — россыпи крупных речных систем и россыпи мелких речек и логов. Русловые и террасовые россыпи крупных водотоков обычно крупные, с гнездовым и бедным содержанием алмазов. Алмазы в них концентрируются в западинах плотика, обычно они мельче и содержат бо́льший процент обломков, чем россыпи мелких рек и логов. Нередко террасовые россыпи этих рек сцементированы окислами железа.

Россыпи мелких рек и логов в настоящее время в значительной степени уже выработаны. Обычно разрабатываются россыпи с содержанием алмазов 1,5—2 карата/м^3. Мощность галечников этих речек не превышает нескольких десятков сантиметров. Обогащены алмазами обычно стрежневая часть россыпей, содержащая наименьший процент глинистого материала, или места слияния рек. Минимальное промышленное содержание алмазов в этих россыпях 0,6—0,8 карата/м^3.

Основной алмазной площадью Ганы является Биримская, которая дает 90—95% всей добычи республики (рис. 12). Она находится в бассейне р. Бирим в 95—130 км от Аккры, занимает площадь около 1000 км^2, вытянута вдоль реки и находится на высоте 120—165 м над уровнем океана. Река Бирим берет начало в 27 км к востоку от г. Каде и течет в юго-западном направлении. Средний уклон продольного профиля реки Бирим 0,3—0,38 м/км, но местами он увеличивается до 0,9 м/км; на мелких притоках уклон достигает 1,5—4,7 м/км. Ширина долины 1—5 км, а водного потока 180—360 м. В долине р. Бирим кроме поймы известны террасы высотой 9—12, 15—18 и 21—27 м, а по долинам других рек (кроме Афина и Анакобра) имеются и более высокие террасы — 28—37, 42—45 и 60 м. Возможно террасы этой высоты существуют и на р. Бирим, но пока они не обнаружены. Местами галечники террас сцементированы окислами железа.

Добыча производится преимущественно по притокам р. Бирим, а русло реки и ее крупных притоков разведываются. Установлены промышленные концентрации алмазов на некоторых участках русла р. Бирим. Алмазные россыпи известны как по правым (речки Бершея, Субинза, Абоабо, Субин и впадающие в них притоки), так и по левым (р. Амав с притоками Апропонг, Анийнази, Бракатен, Есубони и др.) притокам р. Бирим. По ручьям Санди и Камп, впадающим в р. Есубони, с площади 0,5—0,6 км^2 было добыто свыше 7,5 млн. каратов алмазов.

Террасовые россыпи р. Бирим разрабатываются у дер. Яйдем. В настоящее время закончена разведка русловой россыпи р. Бирим и подсчитаны запасы в количестве 50 млн. каратов; предполагается дражная добыча с производительностью 1,8 млн. каратов в год. Производится разведка русловой россыпи р. Супонг. Протяженность отдельных россыпей Биримской площади не превышает 13—14 км, обычно 6—8 км. Ширина промышленной части россыпей изменяется от 75—90 до 300—360 м, обычно 150—200 м. Общая мощность россыпей 3—4 м, а алмазсодержащего слоя 0,6—1 м. Среднее содержание алмазов 1,5—2,5 карата/м^3.

Вторая алмазная площадь Ганы Бонза расположена в бассейне р. Бонза — левого притока р. Анакобра. В пределах этой площади известны лишь россыпи современной речной сети, связанные с размывом алмазоносных конгломератов серии Тарква.

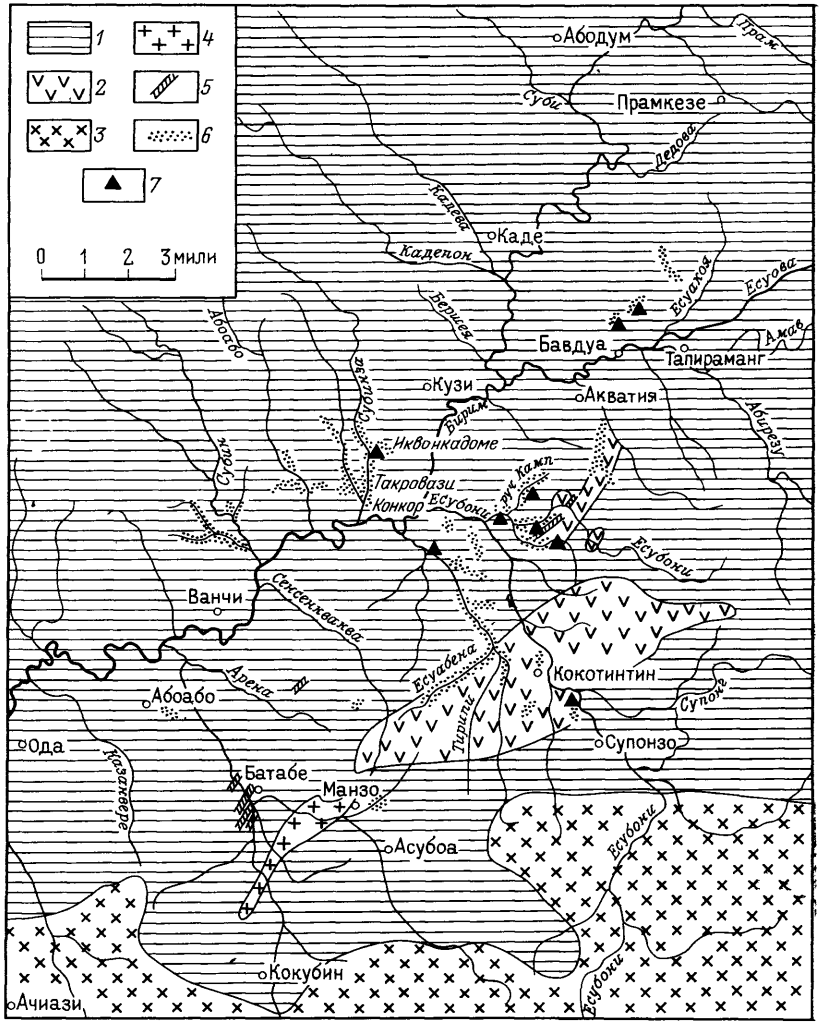

Рис. 12. Геологическая карта Биримской алмазоносной площади в Гане.
1—2 — серия Бирим: *1* — граувакки, филлиты, туфы, лавы, *2* — метаморфизованные основные и ультраосновные лавы и пирокластические породы; *3* — древние граниты и гранодиориты; *4* — молодые граниты; *5* — дайки кислых изверженных пород; *6* — алмазные россыпи; *7* — места расположения обогатительных фабрик

Русловые и террасовые россыпи найдены по левым (рч. Еникаукау, Вуру-Вуру, Табу, Нфуто и др.) и правым (рч. Бедиебесу, Чирифанг и др.) притокам р. Бонза (рис. 13).

Размеры россыпей р. Бонза более скромные, чем р. Бирима, в большинстве случаев они пригодны лишь для старательской отработки. Длина россыпей незначительная, ширина изменяется

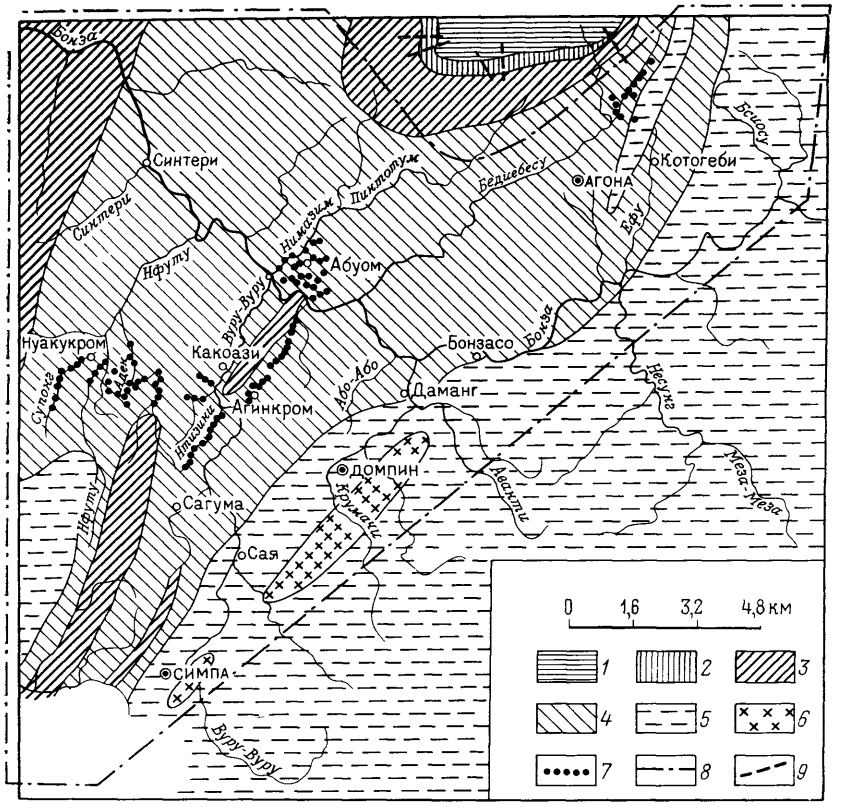

Рис. 13. Геологическая карта алмазной площади Бонза. По *Н. Р. Дженнеру*.
1—2 — серия Тарква: *1* — песчаники Гуни (T_4), *2* — филлиты Тарква (T_3); *3* — свита Банкет (T_2), *4* — группа Кавере (T_1), *5* — верхний Бирим (B_2), *6* — граниты Дискове (C_2), *7* — алмазные россыпи, *8* — границы находок алмазов, *9* — сбросы

от 10—12 до 90—120 м, мощность алмазоносного пласта 0,25—0,5 м, а наносов 0,6—2,8 м. Содержание алмазов изменяется от 1—1,2 до 2—2,5 карата/м³. Минимальное промышленное содержание алмазов 0,4—0,5 карата/м³. Россыпи левых притоков являются основным источником добычи алмазов площади Бонза. В настоящее время большинство россыпей уже выработано.

Кроме описанных двух площадей алмазов отдельные находки алмазов известны в аллювии рек Пуру, Афрам, Тано, Пра и др.

Для россыпей Ганы типично отсутствие пиропа. Алмазы Ганы характеризуются незначительными размерами — всего 0,03—0,05 карата [Bannister M. A., 1943]. Самый крупный алмаз весил 4,5 карата. Вне пределов алмазных площадей Ганы были обнаружены и более крупные камни, например в северной части

республики на р. Белая Вольта у Гамбага были найдены алмазы размером 7,5 и 10,5 карата. На долю алмазов размером менее 2 мм приходится по массе 56%, а по количеству 86% от общей добычи республики.

Среди кристаллических форм преобладают октаэдры с плоскими гранями, реже встречаются кривогранные ромбододекаэдры и еще реже кубы. Часты двойники. Значительный процент добываемых алмазов представлен обломками по спайности. Камни с признаками износа редки. Алмазы ювелирного качества составляют 10—15% от общей добычи. Бесцветные, желтые и опаловые камни встречаются сравнительно редко, преобладают коричневые, серые, зеленые и борт. Бутылочно-зеленые алмазы преобладают в россыпях р. Будуавара. В алмазах часты игольчатые включения рутила (?), графита, реже других минералов. Борт представлен камнями неправильной формы и сегрегациями прозрачных и непрозрачных кристаллов часто кубического габитуса, окрашенных в серый, зеленый и черный цвет. Большинство алмазов из древних латеритизированных россыпей заключено в гематитовые конкреции и имеют шероховатые грани.

Интересной особенностью алмазов Ганы является и то, что они нередко бывают инкрустированы кварцем, не имеющим признаков истирания. Подобные кристаллы характерны для россыпей района Акватии, особенно для рч. Занду и Есубони. Инкрустации представлены отдельными кристаллами или их группами, а иногда они облекают весь кристалл. По-видимому, эти инкрустации возникли под влиянием процесса латеритизации россыпей.

Спутниками алмазов в россыпях служат (в убывающем порядке): ставролит, ильменит, лимонит, сростки рутила с кварцем, турмалин, циркон, магнетит, гематит и лейкоксен, а среди более редких золото, сфен, эпидот, роговая обманка, анатаз, монацит, апатит, хризоберилл, корунд, голубая и зеленая шпинель и очень редко касситерит. Пироп отсутствует.

Того. До 1970 г. никаких сведений об алмазоносности Того не имелось. В 1970 г. появилось сообщение [Annales des Mines, 1970 г.] о том, что в Того в 1969 г. было добыто 462 512 каратов алмазов, из которых 5,8% были ювелирными, 51,5% техническими, а 42,7% борт. В последующие годы никаких данных о добыче алмазов Того не появлялось, указывалось лишь, что в 1969 г. на севере массива Аката были обнаружены кимберлиты. Вероятно, алмазы попали в Того из соседних алмазодобывающих стран (Гана, Сьерра-Леоне, Берег Слоновой Кости и др.) нелегальным путем

Бенин. В 1966 г. в Бенине были начаты поиски алмазов на склонах гор Дассе-Зута и к северу от них. В том же году появилось сообщение о том, что один небольшой алмаз был найден в аллювии одного из притоков р. Куффо, по дороге Абамей—Парауе, на северной окраине крупной низменности, выполненной осадочными породами. В 1967 г. в Бенине были найдены и кимберлиты. Более подробных данных нет.

Нигерия. В структурном отношении Нигерия расположена в пределах Нигеро-Мозамбикского щита, в его Нигеро-Ахаггарском блоке.

В 1934 г. Н. Р. Дженнер сообщил о находке в Нигерии трех алмазов [Mining development..., 1934]. Один небольшой алмаз низкого качества был найден в аллювии р. Марига, в 10 км к северу от пос. Бирнин-Гвари; второй алмаз размером 10 каратов — в Северной Нигерии, в долине р. Сокото, вблизи пос. Мару; третий алмаз — в провинции Коба на юге центральной части Нигерии, в одном из левых притоков р. Нигер.

В последние годы была обнаружена трубка неалмазоносного кимберлита в районе Кафура. Кимберлит мелкозернистый, сложен оливином, ильменитом, хромдиопсидом, апатитом, редким гранатом с большим количеством ксенолитов сланцев и мигматитов. Более подробных данных нет.

Таким образом, в отношении алмазоносности Западной Африки следует отметить следующее.

1. Существование в этой части Африки не менее трех возрастов кимберлитов — добиримского (2000 млн. лет), протерозойского (1400 млн. лет) и мезозойского, которые характеризуются преобладанием жильных и дайковых форм кимберлита над трубочными. Протерозойские кимберлиты сильно метаморфизованы — отальковано, флогопитизированы и карбонатизированы и содержат амфибол, лейкоксенизированный ильменит и иногда лейцит. Намечается определенное генетическое родство между кимберлитами, альнеитами и лампроитами. Вмещающие граниты подверглись щелочному метасоматизму (фенитизации) и др.

2. Основными источниками добычи алмазов в Западной Африке являются россыпи, среди которых особое положение занимают россыпи современной речной сети. Широко развиты древние алмазоносные конгломераты (Бирима, Тарквы, Тортья и др.).

3. Какой-либо зональности в расположении россыпей алмазов и кимберлитов не намечается. Области распространения россыпей древних алмазов и кимберлитов расположены в центральной алмазоносной части Западной Африки (восточная окраина Гвинеи, Либерия, Берег Слоновой Кости и Гана).

Алмазные месторождения Центральной Африки

В пределах этой части Африки выделяются следующие структурные единицы: на севере — Центрально-Африканский блок Нигер-Мозамбикского щита, в центре — плита Конго, ог-

раниченная на западе Западно-Конголезской складчатой зоной, Касай-Ангольский щит и северная часть плиты Окованго.

Бо́льшая часть Центрально-Африканского блока сложена комплексом основания нижнепротерозойского возраста. К нему относится серия Каромоджа, сложенная гранулитами, гнейсами, мигматитами, собранными в складки субмеридионального простирания. В нижнем течении р. Уиле и в бассейне р. Бому (Северный Заир и западная часть Центральноафриканской Империи) развита формация Бому (алданий), образованная амфиболовыми гнейсами и мигматитами, прорванными чарнокитами (3310 млн. лет). В общем к комплексу основания относят массив Шайю в Конго и Габоне, Северо-Габонский и другие массивы, сложенные гранито-гнейсами, мигматитами, гранулитами и различными кристаллическими сланцами. В Северо-Восточном Заире в виде разобщенных выходов развита система Кибали — сланцы, кварциты, итабериты и другие породы среднедокембрийского возраста (1810—2025 млн. лет). В Габоне в бассейне р. Огоуе распространена система Огоуе с мощной толщей базальных конгломератов, выше которой располагаются кварциты, а еще выше — кристаллические сланцы и гнейсы. Эта система развита в пределах массива Шайю.

Плита Конго занимает площадь около 2 млн. км^2. Она сложена наиболее древними породами — кварцитами Гангу, перекрывающими гнейсы и чарнокиты свиты Бому (3434—3528 млн. лет). Выше залегают кварциты с горизонтами сланцев (2357—2566 млн. лет). Нескладчатый платформенный комплекс верхнего протерозоя плиты Конго представлен системой Бушимайя на юге (Заир), группами Линди и Убанга на северо-востоке, тиллитовыми комплексами Джа и Банджа, системой Нижней Котто на севере в пределах Центральноафриканской Империи и на востоке нескладчатой частью системы Западное Конго (Ангола, Заир, Конго), относящихся к Катангскому структурному комплексу. Система Бушимайя сопоставляется с низами группы Катанга.

Группа Линди развита на северо-востоке плиты и состоит из сланцево-известняковой серии с ленточными конгломератами и аркозами в основании, доломитами, известняками, песчаниками и мергелями в верхней части. Залегание пород группы Линди спокойное, они образуют пологие синклинальные структуры. На севере Заира аналогом сланцево-песчаной серии группы Линди является группа Убанги.

Западно-Конголезский складчатый пояс узкой полосой протягивается в северо-западном направлении от Анголы до Габона и сложен комплексами среднего и верхнего протерозоя. На нижнепротерозойском цоколе с размывом и несогласием залегают метаморфизованные до стадии зеленых сланцев отложения среднего протерозоя, смятые в складки субмеридионального простирания.

Платформенный комплекс верхнего протерозоя плиты Конго на юге (Заир) представлен системой Бушимайя, группами Линди и Убанги на северо-востоке, системой Нижнее Котто на севере и системой Западное Конго на востоке (1240—1340 млн. лет). На этих породах лежат рыхлые мезозойские песчаники и базальные конгломераты основания свиты Кванго нижнего мела.

Камерун. В структурном отношении Камерун расположен в южной части Центрально-Африканского блока Нигеро-Мозамбикского щита, бо́льшая часть которого сложена комплексом основания нижнедокембрийского возраста. Средний докембрий двухчленный. Нижние члены сложены мигматизированным флишем Камеруна, а верхние — сериями Поли, Гуенгудум и Лом. Эти породы смяты в крупные изоклинальные складки северо-восточного простирания.

Самостоятельных алмазных месторождений на территории Камеруна неизвестно, обычно алмазы находили попутно при разработке россыпных месторождений других полезных ископаемых, преимущественно золота.

В северной части Камеруна, в бассейне р. Бенуэ (приток р. Нигер) алмазы найдены в районе Майоганга, в 6 км северо-восточнее сел. Маджонг. Район сложен докембрийскими осадочными и изверженными породами. Более подробных данных нет.

В Восточном Камеруне алмазы известны в бассейне р. Бумба (приток р. Убанги) и в долине р. Вина около с. Бокао вблизи границы Камеруна с Центральноафриканской Империей. Долины рек в этой части Камеруна узкие, иногда каньонообразные. Мощность аллювия незначительная. Средний размер алмазов 0,2—0,5 карата. Известны находки и более крупных камней размером до 20 каратов (россыпи Адикомайи, Бетаре-Оуа и др.). Содержание алмазов в россыпях Камеруна незначительное, так в золотой россыпи Батури при промывке 1295 м^3 аллювия было получено 28 каратов алмазов, содержание которых 0,02 карата/м^3 (рис. 14).

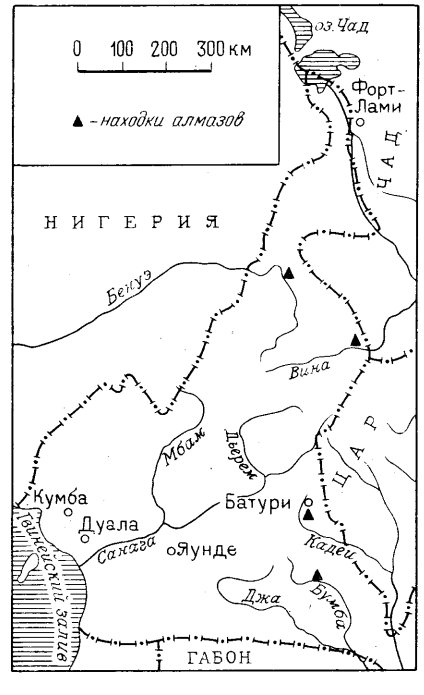

Рис. 14. Схема расположения находок алмазов в Камеруне

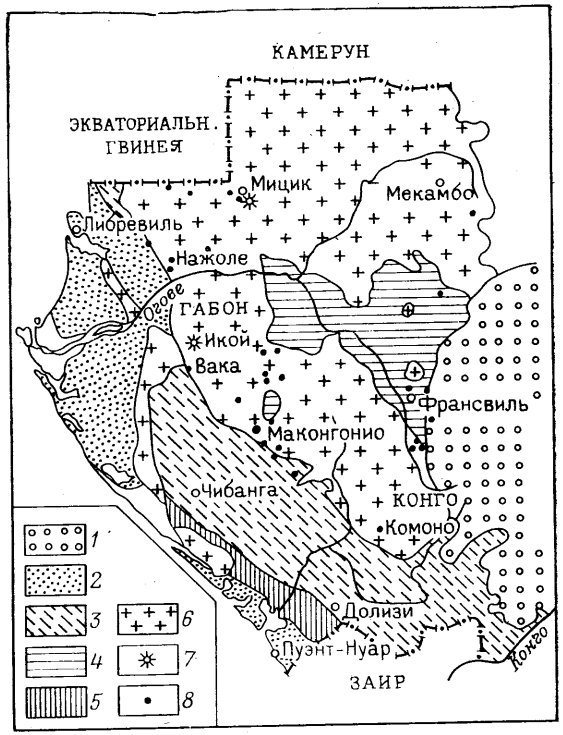

Рис. 15. Геологическая карта Габона и Конго. По *М. Г. Барде* [Bardet M. G., 1974].

1 — система плато Бетеке; *2* — триас и мел; *3* — система Западного Конго; *4* — формация Франсвиль; *5* — серии Лукула и Бонза; *6* — архейский цоколь; *7* — кимберлиты; *8* — находки алмазов

Коренных месторождений алмазов в Камеруне неизвестно. Источником алмазов в россыпях служат песчаники Вина и Мере, одновозрастные песчаникам Берберати Западной Убанги. В них в секторе Манифе было найдено три алмаза, из которых наиболее крупный весил 1,7 карата. Ежегодная добыча алмазов в Камеруне не превышает нескольких сот каратов. Так, в 1935 г. было добыто 157, в 1936 г. — 1979, в 1937 г. — 6198 и в 1938 г. — 17 589 каратов. Производятся интенсивные поисковые работы.

Чад. В южной части республики в районе Архамбулт были обнаружены алмазы [Mining Annual Review, 1970—1978 гг.]. Более подробные данные отсутствуют.

Габон. Республика Габон расположена в основном в пределах Западно-Конголезского складчатого пояса, протягивающегося узкой полосой вдоль побережья океана от Анголы до Габона [Bardet M. G., 1974; и др.] и сложенного породами среднего и верхнего докембрия. На нижнедокембрийском цоколе (система Домайомбе) с размывом и несогласием залегают метаморфизованные до фации зеленых сланцев отложения среднего докембрия (серии Лукула и Сунда), сильно смятые в складки субмеридионального простирания (рис. 15). Выше с заметным размывом и несогласием лежат породы серии Банза и Мбейя. Серия Мбейя перекрыта Катангием и относится, по-видимому, к Кибарию. На границе Габона и Экваториальной Гвинеи Катангий представлен системой Нуайя.

Тектоника Западно-Конголезского пояса характеризуется затухающей по направлению к плите Конго складчатостью и развитием надвигов небольшой амплитуды [Елизарьев Ю. З. и др., 1976].

Алмазные площади Габона расположены в бассейнах рек Огове, Ниари, Долле, Ньянга и их притоков. Имеется северо-западная полоса алмазных россыпей и отдельных находок алмазов, прослеженная от г. Вака в Габоне до г. Комоно в Конго на расстояние свыше 350 км. Наиболее крупные россыпи сосредоточены в районах Вака, Маконгонио, Долизи, Комоно и др. В концентратах установлены гематит, магнетит, циркон, турмалин, рутил и др.; шпинель встречается редко. Промышленные концентрации алмазов обнаружены лишь на гранитах. Галька в россыпях представлена песчаниками, кварцем, реже кварцитами и яшмой. Содержание алмазов весьма неравномерное, обычно бедное 0,05—0,08 карата/м^3. Алмазы хорошего качества, размер их 0,2—8 каратов, редко больше.

Алмазы известны также в бассейне верхнего течения рек Огове, Ниари, Руензе и др. вдоль границы с Конго. О содержании алмазов можно судить по следующим данным. В 1959 г. из россыпей района Пунга при промывке 1,2 млн. м^3 галечников было получено 183 камня массой 92 карата, т. е. средний размер алмазов 0,5 карата, а содержание 0,08 карата/м^3.

Коренным источником алмазов Габона являются кимберлиты. Так, в долине р. Бендало (приток р. Икой) известны находки алмазов в полосе метаморфических пород меридионального простирания протяженностью 30 км при ширине в несколько сотен метров, прорванных слюдяными пироксенитами с прожилками темно-серой и черновато-зеленой брекчиевидной породы мощностью от нескольких сантиметров до 0,2 м. Порода состоит из вкрапленников оливина, пироксена, биотита с большим количеством ильменита и магнетита. Ни алмазов, ни пиропов обнаружено не было. По составу она напоминает карбонатитовые дайки рудника Премьер в Южной Африке, которые являются конечной фазой эволюции кимберлитов.

В Северо-Западном Габоне вблизи г. Мицик недавно была обнаружена зона даек северо-западного простирания, представленная многочисленными жилами и дайками мощностью до нескольких метров, залегающими среди гнейсов (рис. 16). Эти жилы и дайки сложены слюдистой и отальковaнной породой, иногда с признаками сланцеватости [Choubert B., 1954 г., Bardet M. G., 1974]. Порода на 76—80% состоит из талька с реликтами слюды, сильно измененными окислами железа, игольчатыми амфиболами (тремолит?). Ни пиропа, ни пикроильменита, ни

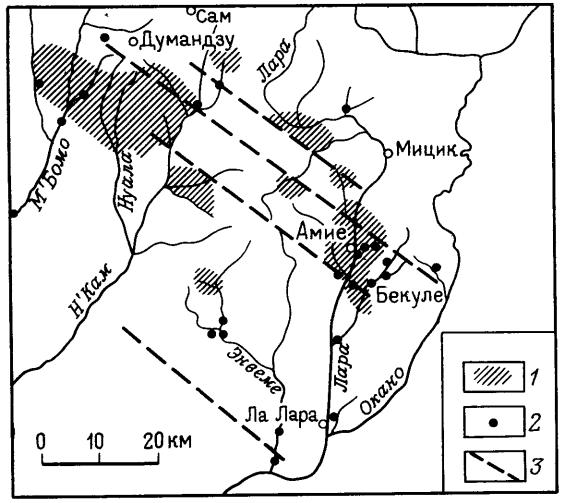

Рис. 16. Алмазоносные узлы в районе Мицик в Габоне. По *М. Г. Барде* [Bardet M. G., 1974].

1 — алмазные минерализованные зоны; *2* — отдельные находки алмазов; *3* — простирание зон кимберлитов

хромдиопсида встречено не было. Имеется обильная вкрапленность хромовой шпинели. Порода содержит алмазы, обычно мелкие, представленные октаэдрами и двойниками. Изредка встречаются и камни размером до 5 каратов. В породе наблюдается повышенное содержание свинца, цинка, ванадия, бария и др. (табл. 9). Порода, выполняющая жилы и дайки, весьма напоминает породу докембрийских сильно метаморфизованных кимберлитов Берега Слоновой Кости. Возраст кимберлита Мицик не ясен, но он несомненно докембрийский, так как эти породы древнее формации Франсвиль (1900 млн. лет).

Содержание отдельных элементов в метакимберлитах трубки Мицик II следующее (в $n \cdot 10^{-6}$%):

Ni	1500	Y	⩽10
Cr	1150	V	170
Co	80	Pb	96
Ba	450	Zn	250
Sr	15	Cu	14
Sc	19		

Эти породы М. Барде назвал метакимберлитами. Метакимберлиты р. Икой отличаются от метакимберлитов Мицик сильной карбонатизированностью, повышенным содержанием щелочей, Al_2O_3, Fe_2O_3 и др. и пониженным SiO_2.

В настоящее время регулярной добычи алмазов в Габоне нет, производятся поиски.

Конго. В структурном отношении территория Конго расположена в пределах Конголезской плиты по обе стороны от экватора. В этой республике имеются лишь небольшие аллювиальные россыпи и отдельные находки алмазов (рис. 17).

В пределах республики с юго-запада на северо-восток выделяются следующие структурно-геоморфологические зоны [Елисеев В. И., 1971; Nicolini P., 1961].

1. Аккумулятивная прибрежная низменность шириной 40—50 км и высотой до 100 м, сложенная третичными и четвертичными отложениями. В отношении алмазоносности почти не изучена.

2. Глыбовый хр. Майомбе представляет собой молодое блоковое поднятие, сложенное осадочно-метаморфическими породами протерозоя — слюдистыми, кремнистыми и хлоритовыми сланцами, песчаниками и гранитоидами. Хребет сильно расчленен глубокими и узкими долинами. Водоразделы местами плоские и на них сохранилась кора выветривания. Согласно Ж. Коссону [Cosson J., 1955], в пределах хр. Майомбе найдено 35 алмазов общей массой 120 каратов. Алмазы были найдены попутно при разработке золотых россыпей по рекам Лоеме, Лукенене и др.

3. Впадина рек Ниари и Нианга шириной 100—140 км сложена известняками, доломитами, песчаниками, аргиллитами и конгломератами докембрийского возраста. На юго-востоке низменность ограничена равниной Катарактов. Отдельные мелкие алмазы встречены по р. Мбуиси, по ее притоку рч. Мойоби и по притокам р. Лали-Буэнза. Содержание алмазов низкое.

4. Плоскогорье Шайю характеризуется обширными плоскими водоразделами длиной 7—10 и шириной до 2 км с абсолютными отметками 600—850 м, покрытыми корой выветривания. Долины врезаны на глубину до 50—100 м. Северная часть массива

Таблица 9

Химический состав кимберлитов Габона (в вес. %)
По *М. Г. Барде* [Bardet M. G., 1974]

Кимберлит	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	CO_2	SO_3	Сумма
Река Икой	19,95	2,00	3,25	8,35	4,81	0,09	18,40	18,60	0,32	1,00	0,20	1,25	0,13	19,25	1,60	99,20
Мицик I	54,60	0,93	2,95	5,40	2,50	0,09	26,85	0,60	0,10	0,30	0,30	5,40	0,25	—	—	100,27
Мицик II	57,80	1,45	0,80	4,90	2,90	—	25,96	1,30	0,20	0,45	0,30	2,80	1,50	—	—	100,36

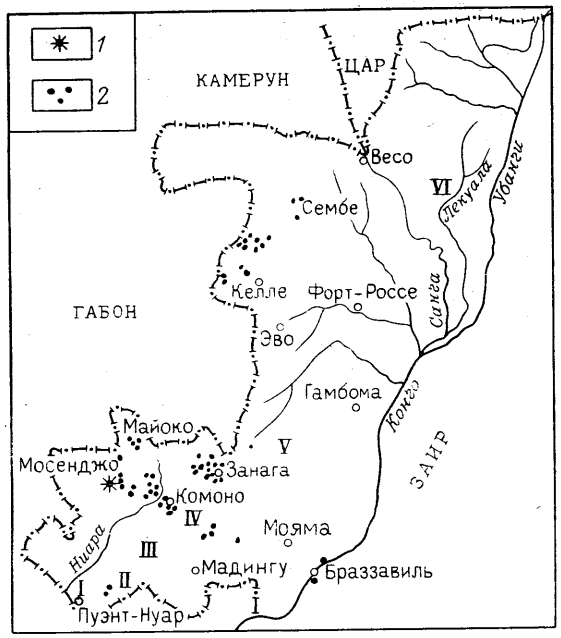

Рис. 17. Схема распространения алмазов в структурно - геоморфологических зонах Конго. По *В. И. Елисееву* [1971].

1 — кимберлиты; *2* — находки алмазов

I — аккумулятивная прибрежная низменность, II — глыбовый хр. Майомбе, III — впадина рек Ниари и Нианга, IV — плато Шайю, V — плато Бетеке, VI — Конголезская впадина

Шайю находится в Габоне, а южная — в Конго. Массив сложен метаморфизованными породами архея и нижнего протерозоя — гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами и др. В центре массива развита серия Франсвиль среднего протерозоя и серия Промежуточная. На востоке эти породы перекрыты меловыми и третичными песчаниками, аргиллитами и глинами серий Станлей-Пул и Бетеке. На западе и юге массива развиты серии Мпиока (сланцево-известняковая), Верхнего Тиллита, Луила и Буэнза среднего и верхнего протерозоя, представленные аргиллитами, мергелями, доломитами, песчаниками, конгломератами, ледниковыми и перигляциальными образованиями.

В аллювии рек, стекающих с плоскогорья, встречены алмазы, золото, магнетит, ильменит, шпинель, роговая обманка, силлиманит, уваровит, эпидот, ставролит, альмандин, турмалин, циркон, рутил, апатит, флюорит, монацит, корунд, хромит, анатаз и др.

Алмазные месторождения Шайю являются юго-восточным окончанием полосы россыпей, протягивающейся из Габона на 350 км.

В пределах плато Шайю имеется несколько групп алмазных россыпей: Майоко, Мосенджо, Комоно, Занага и др.

Россыпи Майоко расположены по рч. Лейю, Занага, Нцесси, Бунуа и др., россыпи Мосенджо — по рекам Окума, Онгобе, Бикелеле, Комоно, Фула, Лесо, ручьям Бакому и Бенголо.

На площади Мосенджо по кл. Бикелеле при промывке 148 м³ аллювия было добыто 432 камня размером в среднем 0,09 карата при содержании 0,25 карата/м³. Россыпь протягивалась по ключу на 550 м при ширине 15 м и мощности аллювия 0,3 м.

На площади Занага из россыпи р. Бунуа было добыто 2898 камней общей массой 93,31 карата, размером 0,04 карата.

На площади Комоно из россыпи рч. Бенголо при промывке 7132 м³ было получено 4673 камня (средний размер 0,24 карата) при содержании 0,16 карата/м³. Алмазы найдены и в других россыпях, но все россыпи обычно были мелкими.

5. Плато Бетеке имеет ступенчатый характер. На его неровной поверхности выступают останцы плато Кукуйя и Джамбола. Плато сложено меловыми и третичными отложениями и в структурном отношении является окраиной Конголезской впадины. В пределах плато известны лишь единичные находки алмазов. Средний размер камней 0,05—0,33 карата.

6. Помимо этих находок алмазы известны в террасовых отложениях правого берега р. Конго между Н'Габе и Браззавилем и на о. М'Бату [Nicolini P., 1961; и др.]. Район сложен докембрийскими породами с лежащими на них песками серии Станлей-Пул. Мощность террасовых галечников 0,6—2,5 м, редко больше. Галечники состоят из хорошо окатанной гальки кварца, иногда с турмалином, яшмы, агата, черных оолитов. Встречаются валуны подстилающих песчаников. Цемент— кварцевый песок с тем или иным количеством белой глины, иногда ожелезненной. В тяжелых шлихах встречены турмалин, ставролит, дистен, топаз, силлиманит, горсейскит, ильменит, красный гранат (пироп?) и золото. Всего в районе Браззавиля найдено 20 каратов мелких алмазов. Содержание алмазов низкое.

Алмазы, добываемые в Конго, сильно отличаются друг от друга. На плоскогорье Шайю алмазы мелкие, средняя масса их 0,08 карата, самый крупный 0,4 карата. Обычно алмазы представлены октаэдрами, реже переходными формами от октаэдра к додекаэдру. Часты обломки неопределенной формы. Наиболее распространены бесцветные камни высокого качества, реже встречаются розовые, желтые, серые, голубоватые и дымчатые. В алмазах часты мелкие включения черного цвета. Следов износа нет.

Алмазы р. Нгеи невысокого качества, со следами износа. Алмазы р. Конго из района Браззавиля мелкие, размер их 0,025—0,08 карата. Чаще всего встречаются бесцветные, реже коричневые камни. Преобладают октаэдры со штрихованными гранями.

Коренной источник алмазов Конго неизвестен. По кл. Грушевому в 90 м выше устья были вскрыты пестрые брекчиевидные глины мощностью свыше 0,7 м, перекрытые солифлюкционными образованиями. В глинах был обнаружен алмаз массой 0,28 ка-

рата. Ниже обнажения брекчиевидных глин в аллювии ручья также были встречены алмазы, содержание которых местами достигало 1,79 карата/м³. По-видимому, брекчиевидные глины являются элювием кимберлитов. Вторичными источниками алмазов Конго служат песчаники плато Бетеке, одновозрастные песчаникам Берберати. Вероятно источником алмазов россыпей района Браззавиля являются базальные конгломераты серии Станлей-Пул. Реки, размывающие эти конгломераты, обычно алмазоносны.

Ежегодная добыча алмазов в Конго небольшая, но тем не менее ежегодный экспорт алмазов превышает 3—4 млн. каратов. По-видимому, большая часть алмазов, экспортированных из республики, поступает нелегально из соседних алмазодобывающих стран.

Центральноафриканская Республика. Ее территория расположена на Центрально-Африканском блоке Нигеро-Мозамбикского щита. В пределах империи имеются две основные алмазные площади — Западная и Восточная Убанги-Шари [De Kun N., 1965; Berthoumieux C., 1961; Bardet M. G., 1974]. Площадь Западной Убанги-Шари [Deforme J., Delany F. M., 1956 г.] расположена в юго-западной части страны в бассейне рек Лобайи и притоков р. Мембере восточнее р. Занги с центрами добычи алмазов в Карно, Берберати и Ноле. Площадь Восточной Убанги-Шари находится к северо-востоку от Западной, в районе песчаного плато Мука-Уадда в районе Бриа и Ялинга (рис. 18).

В геологическом отношении алмазоносные площади Империи сложены гнейсами и древними кристаллическими сланцами докембрийского возраста. В древнем цоколе имеется депрессия северо-западного простирания, наклоненная к центру бассейна р. Конго. Депрессия выполнена осадками Верхнего Карру — песчаниками Берберати, одновозрастными конгломератами и песчаниками свиты Кванго. Эти песчаники в различных частях Восточного Убанги-Шари носят различные местные названия — песчаники Нгувара, Нгуи, Мука, Калага и Дуни.

Свита песчаников Берберати в верхней части сложена светлыми конгломеративными песчаниками с галькой кварца, яшмы и роговика в каолиновом цементе. Песчаники косослоистые, в нижней части присутствуют ожелезненные конгломераты. Песчаники Нгувара и др. залегают на размытой поверхности древних гранито-гнейсов. Свита песчаников Берберати имеет, по-видимому, аллювиальное происхождение. Реки этого периода, вероятно, совпадали по направлению с современными.

В пределах Республики имеются лишь россыпные месторождения алмазов, которые частично расположены на песчаниках, а частично на породах основания.

Площадь Западной Убанги-Шари наиболее богатая. Всего здесь известно 128 месторождений, большинство из них мелкие, восемь имеют запасы 50 000 каратов, одно — 100 000 каратов

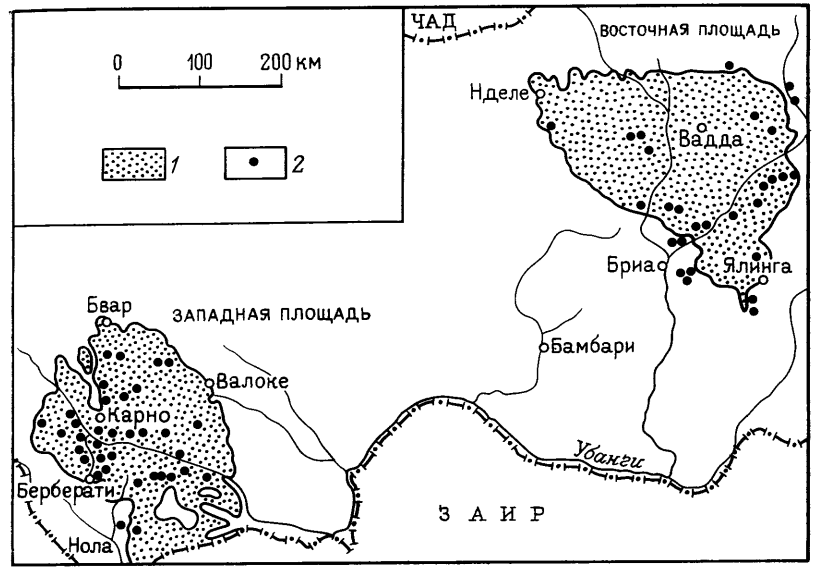

Рис. 18. Схема расположения алмазоносных площадей в Центральноафриканской Республике.
1 — алмазоносные площади; *2* — алмазные россыпи

и два — более 200 000 каратов; 75% россыпей расположено на песчаниках.

Алмазные россыпи встречаются лишь по тем рекам, которые прорезают базальные конгломераты свиты Берберати. Разрабатываются русловые, пойменные и террасовые россыпи современной речной сети. Россыпи на породах древнего основания приурочены к широким долинам с гладким плотиком и образуют выдержанные по простиранию россыпи длиной 1,5—2 км при ширине 20—30 м и редко больше. Мощность галечников 0,1—0,5 м, а наносов до 1 м.

Пойменные россыпи имеют овальную форму и возникают в излучинах рек или в устьях боковых притоков. Средний размер пойменных россыпей 0,5×1 км при мощности галечников 0,6—1 м, а наносов 1,5—2 м.

Россыпи р. Мембере (приток р. Занги) располагаются выше и ниже г. Карно, южнее Баниа, северо-западнее Боде и северо-западнее г. Нола. Река Лопа алмазоносна на 30 км от истоков до кварцитовой гряды, ниже которой содержание алмазов резко падает. Верхнее и среднее течение р. Мембере совпадает по направлению с древней рекой. По р. Мембере в 2 км от с. Баниа была разведана пойменная россыпь размером 50×200 м с запасом алмазов 60 000 каратов. На реках Була и Мангале со-

ответственно в 13 и 31 км от с. Баниа встречены древние россыпи шириной 50—200 м, прослеженные на 1 км. Запасы этих древних русловых россыпей оцениваются в несколько десятков тысяч каратов.

В россыпях помимо алмазов и золота встречаются кианит, гранат, корунд, рутил, циркон и ильменит.

Площадь Восточной Убанги-Шари беднее площади Западной. В ее пределах известно 40 месторождений, из которых только семь имели запасы 20 000 каратов, а два — 50 000 каратов алмазов.

Бассейны алмазоносных рек Бунгу и Котто расположены на обширном пенеплене, слегка приподнятом на севере и северо-востоке. На поверхности пенеплена имеется ряд широких и плоских долин, в которые врезаны узкие и глубокие долины современной речной сети. Последний эрозионный врез не достиг верхних, а местами и средних участков древних долин. Реки при выходе из области распространения песчаников нередко образуют серию водопадов и перекатов. Известны следующие россыпи.

Аллювиальные россыпи древней речной сети с голубоватым песчано-глинистым аллювием с отдельными линзами галечников характеризуются невысоким содержанием алмазов и золота.

Террасовые и русловые россыпи современной речной сети развиты преимущественно в нижнем и среднем течении рек, где они прорезают базальные песчаники Нгувара. Алмазы преимущественно располагаются в линзах галечников, размер линз 0,5×1 км при мощности 0,6—1,5 м. Длина русловых россыпей около 2 км, весьма редко 8—10 км.

Ложковые россыпи распространены в верхних омоложенных участках древних долин, где алмазы распределены весьма неравномерно. Спутниками алмазов в россыпях являются золото, пирит, синеватый корунд, черный рутил, хризоберилл, гематит, бесцветный, розовый и красный циркон, черный турмалин, бурый гранат и ставролит и синеватый дистен. Изредка встречается и фиолетовый гранат (пироп?).

Месторождения сосредоточены в районе Бриа, в бассейнах рек Котто, Бунгу, Бубру и др. Наиболее крупные россыпи находятся в бассейне р. Н'Зако, берущей начало на южной оконечности песчаного плато между селениями Бриа и Ялинга. Россыпи сосредоточены главным образом в нижнем течении правых притоков реки. Содержание алмазов в этих россыпях 0,21 карата/м^3. Другая группа россыпей расположена в районе с. Уадда, в 200 км к северу от группы Бриа. Характер россыпей этой группы почти аналогичен россыпям группы Бриа, но они более бедные.

Алмазы, добываемые в Центральноафриканской Республике, похожи на алмазы области Касаи в Заире и Анголе.

Преобладают алмазы бесцветные, прозрачные, с голубоватым оттенком. Встречаются также буроватые и зеленоватые камни. Выход ювелирных разностей 50—60%. Из кристаллографических форм чаще встречаются ромбододекаэдры и гексатетраэдры с выпуклыми гранями, реже комбинации куба и октаэдра с другими формами. Добываемые камни довольно крупные, особенно с р. Н'Зако, где алмазы размером 10 каратов не являются особой редкостью; средний размер их 0,85 карата. В Карно был найден алмаз размером 391 карат. Ювелирные камни более крупные и лучшего качества встречаются в Восточной Убанги-Шари.

Кроме алмазов в россыпях империи были встречены и карбонадо [Trueb L. C. de Wys, 1971], которые в россыпях Западной Убанги-Шари составляют 6—7% общей добычи, а в Восточной — до 30%, и на этой площади они крупнее. Карбонадо темно-серого цвета, встречаются в форме кусков неправильной формы, чаще всего округлой. Они сложены беспорядочно ориентированными микролитами алмаза размером 0,5—20 мкм, среди которых встречаются и более крупные кристаллы октаэдрической и кубической формы. В них обнаружены включения флоренсита и ряда других минералов. Наиболее крупный карбонадо массой 740,25 карата представлял собой обломок большого куска. Он хранится в Вашингтоне, в Институте Смитсона. Плотность его 3,292.

Непосредственным источником алмазов россыпей являются древние (меловые) песчаники, лежащие на породах древнего основания. Судя по находкам в россыпях минералов-спутников алмаза по кимберлитам, можно полагать, что коренным источником алмазов Убанги-Шари являются тоже кимберлиты, возможно древние. Ближайшие выходы кимберлитов известны в Судане, на границе с Центральноафриканской Республикой.

Судан. Кимберлиты обнаружены в Западном Судане у самой границы с Центральноафриканской Республикой [Whiteman A. J., 1971]. Более подробные данные отсутствуют.

Заир. Эта республика расположена в пределах плиты Конго Западно-Конголезского пояса и северной части Касай-Ангольского щита. В Республике Заир имеется несколько крупных алмазных площадей.

Площадь Касаи-Лунда в юго-западной части республики Заир и в северо-восточной части республики Ангола в бассейне р. Касаи, левого притока р. Конго и его притоков рек Ловуа, Чикапа, Лонгачимо и др. [Cahen L., 1951; Freire de Andrade C., 1954; Furon R., 1955; Real F., 1959; Fieremans C., 1961, 1966, 1977; Reis B., 1968;и др.].

Площадь р. Бушимайи (Любилашская) в восточной части провинции Касаи, на ее границе с провинцией Катанга в бассейне р. Бушимайи (левый приток р. Санкуру), впадающей

в р. Конго [Meyer de Stadelhopen C., 1961; Wasilevsky J., 1950; Трофимов В. С., 1969; и др.].

Площадь Катанга (Шабо) находится в провинции Катанга на восточной оконечности Конголезской плиты и к востоку от алмазной площади Касаи-Лунда [D'Andrimont, 1912—1913; Verhoogen J., 1940; и др.].

Небольшие алмазные площади есть и в других частях Заира (рис. 19).

Площадь Касаи-Лунда расположена в юго-западной части Касайской провинции республики Заир и северо-восточной части Анголы и вытянута в меридиональном направлении на 210 км, в широтном — на 105 км. В ее пределах можно выделить несколько геоморфологических областей.

Высокое плато — миоценовый пенеплен, на поверхности которого сохранилась древняя кремнистая кора выветривания. На севере это плато ограничено обрывом высотой 100—300 м. В северной части поверхность пенеплена очень однообразная, она покрыта песками и рассечена долинами крупных левых притоков р. Конго, заложенных еще в плиоцене и расширенных и углубленных в плейстоцене на 60—180 м. Так, р. Чикапа имеет каньонообразную долину глубиной 155 м, заложенную в горизонтально-слоистых породах Верхнего Кунделунгу. Выше каньона на высоте 1220 м р. Чикапа протекает по широкой травянистой равнине, образуя ряд меандр. Ниже обрыва высокого плато располагается холмистая местность, образовавшаяся в плиоцене, на которой сохранились холмы с плоскими вершинами — остатками миоценового пенеплена, наклоненного на север.

Современная речная сеть этой части Африки сформирована после подъема и изгибания миоценового пенеплена и образования впадины Конго. Резкая параллельность рек южной части площади Касаи-Лунда обусловлена наклоном пенеплена (1 м на 1 км) в сторону впадины. Наклон выдерживается на протяжении 300 км. В 150 км от Калема реки Санкуру и Касаи изменяют свое широтное течение на северное.

Наиболее древними породами площади Касаи-Лунда являются архейские и протерозойские формации Калунгве и Лукоми, перекрытые породами формации Катанга верхнего протерозоя — нижнего палеозоя. Эта формация развита в юго-восточной части, вдоль западного края впадины Конго. С нижнего палеозоя до верхнего карбона существовал континентальный режим и происходило образование кор выветривания.

Следующая формация Конго состоит из трех свит — Лукугу, Луалаба и Кванго. Отложения свиты Лукугу выполняют слабо выраженную в рельефе тектоническую депрессию и представлены ледниковыми и перигляциальными конгломератами, песчаниками, аргиллитами и др. Свита Луалаба распространена

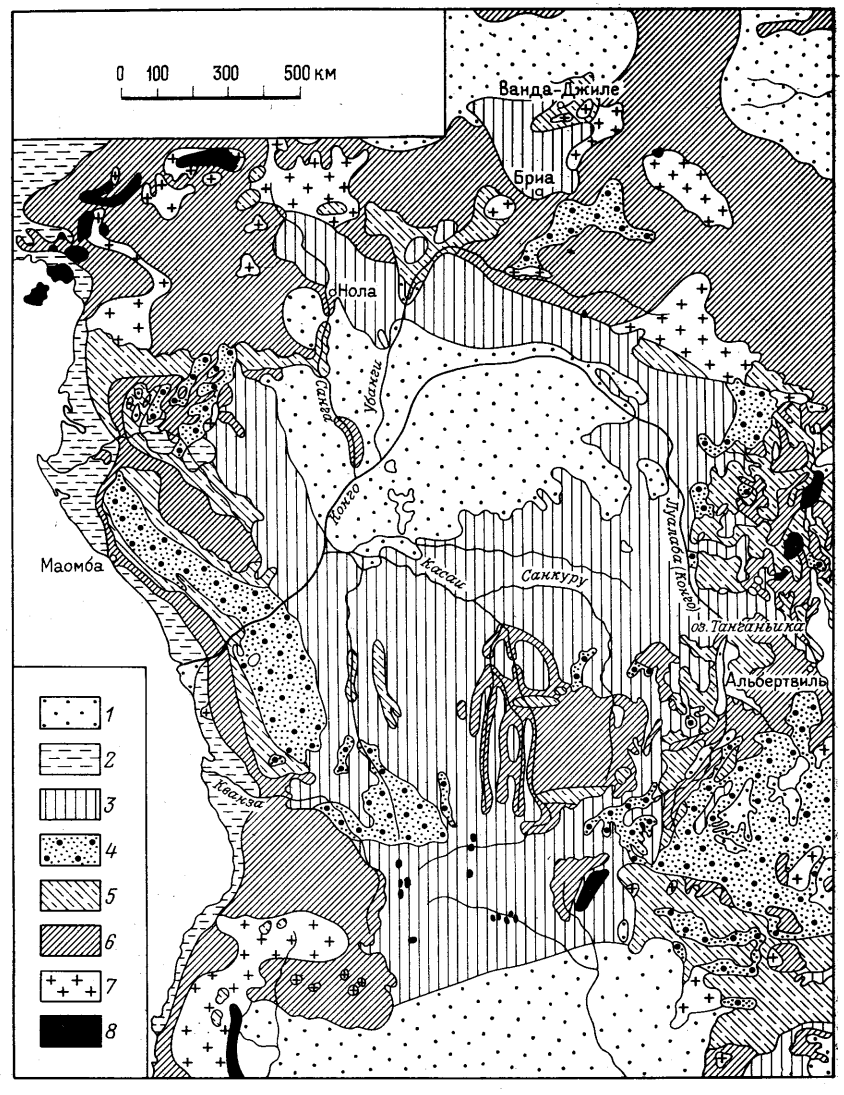

Рис. 19. Геологическая карта бассейна р. Конго.

1 — континентальные четвертичные и верхнетретичные отложения; *2* — меловые и третичные (морские) отложения; *3* — формация Конго; *4* — формация Катанга; *5* — метаморфические сланцы протерозоя; *6* — архей; *7* — постархейские граниты; *8* — молодые изверженные породы

шире и занимает почти всю центральную часть и северо-восточную окраину впадины Конго. Мощность свиты 0—150 м. Она сложена пестроцветными мелко- и среднезернистыми песчаниками с прослойками аргиллитов, с маломощным базальным конгломератом.

Породы свит Лукугу и Лиалаба алмазов не содержат. Более молодая свита Кванго алмазоносная. Она выполняет депрессии и другие понижения древнего рельефа и имеет эоловое, озерное и аллювиальное происхождение. Нижние члены этой свиты принадлежат к отложениям огромной дельты, существовавшей в южной части района Малюди в Анголе и протягивающейся до провинции Касаи в Заире. На юго-востоке эта дельта огибала приподнятый блок Луэта—Лулуа. Отложения отдельных русел в дельте представлены переслаивающимися линзами галечников. Мощность этих линз увеличивается в восточном и юго-восточном направлениях; в линзах широко распространены алмазы. Более молодые отложения «сухих» рек (конгломераты А, B_1 и B_2) развиты в приподнятой части пенеплена на юге и востоке. Они менее мощные, но также характеризуются линзообразным строением. Конгломераты А и B_1 в центре и на востоке площади принадлежат фазе Инзия (верхний мел), а B_2 — к основанию фазы Нзеле (конец верхнего мела).

К восточной границе свита Кванго выклинивается, мощность и распространенность отдельных фаз уменьшаются. Алмазоносные конгломераты свиты Кванго распространены преимущественно в среднем течении р. Касаи и по ее притокам — рекам Луэмбе, Чиумбе, Луачимо, Календе и др., вплоть до р. Лулуа. В районе Луанже имеется два горизонта алмазоносных конгломератов — в 50 и 150 м от подошвы свиты, а в районе Чикапа — один слой в основании свиты Кванго. Содержание в ней пиропов и алмазов уменьшается с юга на северо-запад и северо-восток. Конгломераты типа B_2 всегда богаче алмазами, чем А и B_1. Они сложены многочисленными угловатыми и слабоокатанными крупными обломками пород основания. Конгломераты в зоне Косемба—Лунганда в 5—10 раз богаче алмазами, чем конгломераты типа B_1, и обычно содержат более крупные камни.

Следующие по возрасту породы серии Калахари мелового и третичного возраста состоят из трех свит — Камина, Полиморфных песчаников и Охристых песков. Породы серии Калахари встречаются на поверхности мелких изолированных плато высотой 800—980 м. Свита Камина (не древнее верхнего мела) лежит на гранитном плотике и сложена прослойками мелкого косослоистого галечника, гравелита, песка и глины; мощность ее 8—10 м.

Свита Полиморфных песчаников сложена окремнелыми породами песчано-галечного состава с галькой кварца, реже кварцита и халцедона различной степени окатанности величиной до 5 см. Эта свита моложе верхнего мела, но древнее плиоцена.

Свита охристых песков представлена неслоистыми, слабо глинистыми песками, залегающими на поверхности конгломерата, известного под именем «галечников плато». Он состоит из обломков кремнистых пород серии Калахари и мелкой гальки кварца и лимонита в крупнозернистом песке. Мощность его до 1,5 м и местами он содержит алмазы.

Центральная часть впадины Конго сложена преимущественно аллювиальными верхнетретичными и четвертичными осадками мощностью до 100 м. В долинах большинства рек бассейна Конго кроме поймы имеются 3—4 надпойменные террасы. Наиболее молодые породы представлены латеритами, которые в ряде районов широко распространены. Мощность их достигает 20 м и более.

На алмазной площади Касаи-Лунда известны следующие типы россыпей.

Алмазоносные конгломераты свиты Кванго мощностью до 20—30 м выполняют древние долины и различного рода депрессии. Алмазоносны один—два горизонта конгломератов. Эти конгломераты разрабатываются в верхнем течении рек Чиумбе, Луэмбе и др., где они известны под именем конгломератов Лунда.

Алмазные мелкогалечные конгломераты серии Калахари, залегающие выше свиты Полиморфных песчаников. Мощность их 0,6—1,5 м.

Алмазные «галечники плато», приуроченные к долинообразным понижениям древнего рельефа и имеющие, по-видимому, аллювиальное происхождение. Они состоят из обломков кремнистых пород серии Калахари, гальки кварца, кварцита, кремнистого песчаника, агата и др., в красном железистом песке. Мощность их изменяется от 0,6—0,8 до 1,5 м.

Пролювиальные россыпи плейстоцена. В плейстоцене на большей части территории Заира и Анголы существовал крайне аридный климат и были широко распространены «сухие» реки. Обнаружено несколько залежей неправильной формы подобных плейстоценовых галечников. Из них разрабатывается только одна в Луембе—Чиумбе, имеющая промышленное содержание алмазов.

Аллювиальные россыпи современной речной сети (русловые, пойменные и террасовые). Мощность террасовых галечников 6 м. Они эксплуатируются в Чикапа, Ньянче и ряде других мест. Наибольшее промышленное значение имеют русловые и пойменные россыпи, расположенные ниже мест пересечения современными реками древних алмазоносных отложений. Мощность галечников 0,75 м, а наносов 0,6—1,8 м. Среднее содержание алмазов в россыпях около 0,5 карата/м^3, средний размер камней 0,1—0,2 карата. Наиболее крупный ювелирный камень

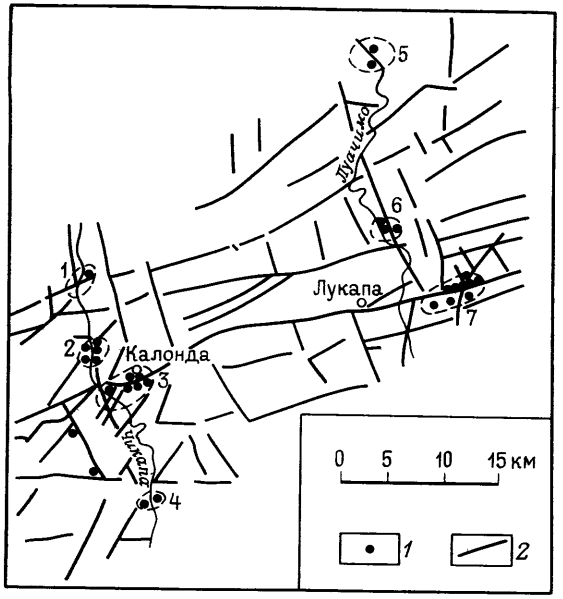

Рис. 20. Схема расположения кимберлитов на площади Касаи-Лунда. По *М. Г. Барде* [Bardet M. G., 1974].

1 — кимберлитовые трубки; *2* — разломы. Группы кимберлитовых трубок: 1 — Кангоа, 2 — Камафука, 3 — Калонда, 4 — Камуанзанза, 5 — Сангамина, 6 — Кариуэ, 7 — Камутуэ

весил 23,8 карата. Около 60% добываемых камней технические. Алмазоносные галечники представляют собой узкие полосы (струи) протяженностью до 2 км и более. Галечники состоят из хорошо окатанной гальки и небольшого количества валунов в мелко- и среднезернистом песке. Содержание алмазов в русловых и пойменных россыпях выше, чем в террасовых. Подобные россыпи развиты к югу от Чикапа в Качанге, Кабамбойе, Кизеле, Чисапе, Вассанге на р. Касаи, в Чикулила на р. Луэмбе, в Ласаги на р. Лулуа и др.

Делювиальные и элювиальные россыпи на выветрелых выходах древних алмазоносных пород и древних россыпей (конгломератов свиты Кванго, Калахари и др.).

Ложковые россыпи, образовавшиеся в результате размыва временными потоками пролювиальных и террасовых россыпей современной и древней речной сети.

Коренным источником алмазов россыпей площади Касаи-Лунда являются кимберлиты, расположенные в бассейнах рек Луачимо, Чикапа и др. (рис. 20).

Трубки чаще всего встречаются группами. Дайки кимберлита развиты слабо. Форма трубок округлая, овальная, реже неправильных очертаний. Размеры трубок различные, в среднем занимают площадь около 2 га. В бассейнах рек Чикапа и Луачимо кимберлиты прорывают протерозойские и палеозойские породы и предположительно имеют верхнеюрский возраст. В грабене Лукапа часть кимберлитов пересекает сброс Конгоа,

параллельный краю обрыва и омоложенный в юрское время. Кимберлиты приурочены к древним разломам северо-северо-восточного и более молодого северо-северо-западного направлений.

На площади Касаи-Лунда между 7°20′—9°30′ в. д. и 20°—21°31′ ю. ш. известны 41 кимберлитовая трубка, сосредоточенные преимущественно в бассейнах рек Чикапа и Луачимо. В бассейне р. Чикапа расположены группы трубок Кангоа, Камафука, Калонда и Камуанзанза, а в бассейне р. Луачимо — группы Сангамина, Кариуэ, Камутуэ.

Группа Калонда состоит из пяти трубок. К северо-востоку от нее найдена трубка Камафука-Камазамбо необычной формы, возможно состоящая из двух трубок, из которых одна выполнена кимберлитовой брекчией, а другая — базальтовым кимберлитом с родственными включениями пироксенита с гранатом. Содержание алмазов 0,24 карата/м³. Средний размер камней 0,24 карата, преобладают октаэдры. Химический состав кимберлита Камафука-Камазамбо следующий (в вес. %):

SiO_2	35,20	MgO	19,20
TiO_2	0,75	CaO	7,28
Al_2O_3	5,16	Na_2O	0,37
Fe_2O_3	7,30	K_2O	0,50
Cr_2O_3	—	P_2O_5	0,31
FeO	0,80	П. п. п.	23,28
MnO	0,13	Сумма	100,28

В 8 км к северу от нее встречена алмазоносная трубка Кангоа, расположенная на контакте песчаников Карру с гранитами основания. В 12 км к югу от сел. Калонда находится трубка Камуанзанза (3,6 га), выполненная туфом и брекчией слюдяного кимберлита, трубка Каинджамба (2,6 га) и трубки Каквеле, Канзалоло и Камаэмбо. У слияния рек Чикапа и Луо обнаружена трубка Камотчиа (600×500 м), сложенная плотным кимберлитом, а вблизи нее на контакте пород Карру с породами фундамента находится трубка Камачико диаметром около 600 м. Около сел. Геник де Карвальо расположена трубка Лова с промышленным содержанием алмазов, более плохого качества, чем в трубке Камутуэ. На р. Котока (приток р. Лова) открыта трубка Котока с содержанием алмазов 2 карата/м³. Средняя площадь трубок в бассейне р. Чикапа без трубки Камуфука-Камазамбо 1,8 га.

В бассейне р. Луачимо наиболее северной является группа Сангамина, южнее расположена группа Кариуэ с трубкой Кариуэ размером 400×200 м и рядом более мелких. В наиболее южной группе Гоежи (Камутуэ) на протяжении 4 км расположены трубки Сангомбе, Камутуе I и II (500×200 м), Кайтондо, Муэнза, Каломба, Сачипиро, Кайсена и Сакуманго. Самой юж-

ной является сдвоенная трубка Камбуаже I (500×250 м) и Камбуаже II (300×200 м). Трубка Камутуэ разрабатывается и дает алмазы хорошего качества. Средний размер трубок в бассейне р. Луачимо 2,5 га.

Кимберлиты площади Касаи-Лунда сильно серпентинизированы и карбонатизированы и содержат незначительное количество слюды. За редким исключением (трубки Кариуэ, Каксиксима), все трубки содержат то или иное количество алмазов (табл. 10). Эксплуатируются трубки Камуфука-Камазамбо и Камутуэ.

Средний размер камней 0,22 карата. Алмазы площади Касаи-Лунда по качеству значительно превосходят алмазы бассейна р. Бушимайи, причем качество их улучшается с севера на юг. Так, в Анголе выход ювелирных алмазов почти 60%, а в Заире — всего 30—35%. Содержание алмазов в россыпях изменяется от 0,47 до 0,61 карата на 1 м³. Из кристаллографических форм на площади Касаи-Лунда преобладают октаэдры и додекаэдры с округлыми гранями. Большой процент камней представлен обломками. Было найдено несколько камней в 100 каратов и более.

Большинство добываемых камней бесцветные и прозрачные, иногда с желтоватым оттенком, реже встречаются голубоватые, зеленоватые, буроватые и др. На некоторых аллювиальных алмазах видны следы износа. Ежегодная добыча алмазов на площади Касаи-Лунда 1,5—2 млн. каратов. В настоящее время на площади в бассейне р. Чикапа работает 40 участков, а в бассейне р. Луачимо — 14.

Алмазная площадь бассейна Бушимайи (площадь Любилаш) является наиболее крупным источником добываемых алмазов с ежегодной производительностью свыше 11—15 млн. ка-

Таблица 10

Содержание различных алмазов на площади Касаи-Лунда (в % к общей добыче). [Real F., 1959]

Форма и цвет алмазов	Камуфука		Конгломераты Калонда (Мусаленги)	Аллювиальные россыпи (Ионди и др.)
	Трубка	Россыпи		
Октаэдры	16,4	9,1	30,4	30,6
Переходные	29,6	26,4	39,4	28,1
Додекаэдры	39,5	57,7	24,2	34,4
Кубоиды	6,4	2,8	3,0	1,5
Агрегаты	3,2	1,8	1,5	1,5
Прочие	4,9	2,2	1,5	3,9
Бесцветные и дымчатые	57,3		53,7	66,2
Окрашенные	41,3		11,9	16,2
Ожелезненные	1,3		33,3	17,5

ратов. Она расположена в бассейне р. Бушимайи (левый приток р. Санкуру), впадающей в р. Касаи [Meyer de Stadelhopen C., 1961; Wasilevsky J., 1950; Трофимов В. С., 1969; и др.].

Площадь Бушимайя находится на северной окраине высокого плато, наклоненного на север и круто обрывающегося в сторону впадины Конго. В районе Мбужи-Майи (быв. Бакванга) склоны долины р. Бушимайи, сложенные карбонатными породами, сильно закарстованы и покрыты щебнем и глыбами кремней и кремнистых пород. Имеются многочисленные пустоты выщелачивания значительной глубины, разделенные острыми гребнями. Наряду с щебнем присутствует хорошо окатанная галька, сохранившаяся от покрывавших карбонатные породы галечников мезозойского возраста.

Наиболее древние породы площади — породы кристаллического основания, представленные гранитами, гранито-гнейсами и мигматитами с дайками долеритов и габбро. Они перекрыты докембрийскими породами системы Бушимайи, обнажающимися в северо-восточной части площади. Здесь установлены три свиты этой системы (сверху вниз): 1) песчаники и известняки; 2) карбонатные сланцы, 3) сланцеватые песчаники. Общая мощность свит 250 м. Они слагают плоскую, вытянутую в северо-восточном направлении синклиналь, прослеженную от гор Кибара на расстояние свыше 400 км. На денудированной поверхности этих пород залегают отложения системы Карру, наиболее широко развитые в восточной и западной частях Заира.

Система Карру представлена тремя свитами (снизу вверх): Лукуга, Луалаба и Кванго. Свита Лукуга сложена ледниковыми образованиями, свита Луалаба — песчаниками с прослоями аргиллитов мощностью 0—150 м, свита Кванго — алмазоносными конгломератами и песчаниками, выполняющими древние доквангские долины северо-западного простирания и различного рода депрессии. Максимальная мощность свиты Кванго 340—390 м. Местами породы этой свиты перекрываются породами системы Калахари, состоящей из трех свит — Камина, Полиморфных песчаников и Охристых песков.

Четвертичные отложения сосредоточены почти исключительно в пределах Конголезской впадины, где мощность их достигает 100 м. Бóльшая часть четвертичных пород подверглась процессам латеритизации. Из изверженных пород на площади Бушимайи известны основные породы верхнекунделунгского возраста, дайки и покровы долеритов, нефелиновые сиениты, лимбургиты, амигдалоидные долериты домезозойского возраста и кимберлиты предположительно мезозойского возраста.

В пределах площади бассейна р. Бушимайи известны коренные и россыпные месторождения алмазов.

Наиболее древние ископаемые россыпи квангского возраста приурочены к долинам доквангских рек, хорошо разработанным и имеющим юго-восточное направление. Одна из них про-

ходит по краю гранитного массива на юго-восточном борту долины р. Бушимайи, ширина ее до 10 км; две подобные долины установлены в окрестностях Лукеленга. Мощность алмазоносных отложений в этих долинах несколько десятков метров. Промышленных россыпей квангского возраста не обнаружено.

По обоим берегам р. Бушимайи в области развития известняков и доломитов системы Бушимайи имеются многочисленные карстовые полости, выполненные продуктами перемыва квангских пород. Возникшие россыпи сложены свалами глыб и щебня известняков с кремнями, сцементированными красной песчано-глинистой массой. Глубина карстовых воронок определяется глубиной залегания грунтовых вод. Местами в подобных карстовых полостях содержание алмазов достигает 1000 карат на 1 м³. В результате последующего размыва россыпей в карстовых полостях возникают ложковые россыпи.

Следующими по возрасту являются алмазные россыпи, приуроченные к основанию системы Калахари. Они имеют линзообразную форму и содержат шарики каолина и примазки песчаной глины. Диаметр линз с шариками каолина 15 м, они алмазоносны и образовались в результате размыва квангских россыпей.

Наиболее молодые аллювиальные россыпи современной речной сети прослеживаются по р. Бушимайи на 60 км. Различают три группы россыпей: русловые-косовые, пойменные и террасовые. Мощность галечников около 0,75 м, а наносов 0,6—1,8 м. Наблюдается струйчатое распределение алмазов; длина отдельных струй 2 км и более. Установлено три террасовые уровня на высотах 20 м и более (россыпи Дивинджи, россыпи к северу от р. Канши и др.). Содержание алмазов в террасовых россыпях ниже, чем в русловых.

Источником алмазов россыпей площади бассейна р. Бушимайи служат трубки кимберлита, жилы и дайки почти полностью отсутствуют. Известны две группы кимберлитовых трубок — северная, или группа Дизеле (Бакванги), и южная, или группа Калонджи (рис. 21).

Группа Дизеле (Бакванги) — 10 трубок находится в нижнем течении р. Канши на плато высотой около 100 м, сложенном закарстованными породами системы Бушимайи с останцами рыхлых песчаников и конгломератов свиты Кванго. Кимберлиты располагаются в полосе, вытянутой на 3 км при ширине 100—300 м. Массивы V, VII, VIII и, возможно, VI представляют собой кимберлитовые трубки, а остальные — карстовые полости, заполненные продуктами перемыва выбросов трубок. Размеры массивов изменяются от 100×75 м (массив V) до 600×275 м (массив III).

В группу Калонджи входят четыре кимберлитовых трубки — A, B, C и D. Формирование трубок сопровождалось выбросом алмазосодержащего рыхлого материала, который образовал во-

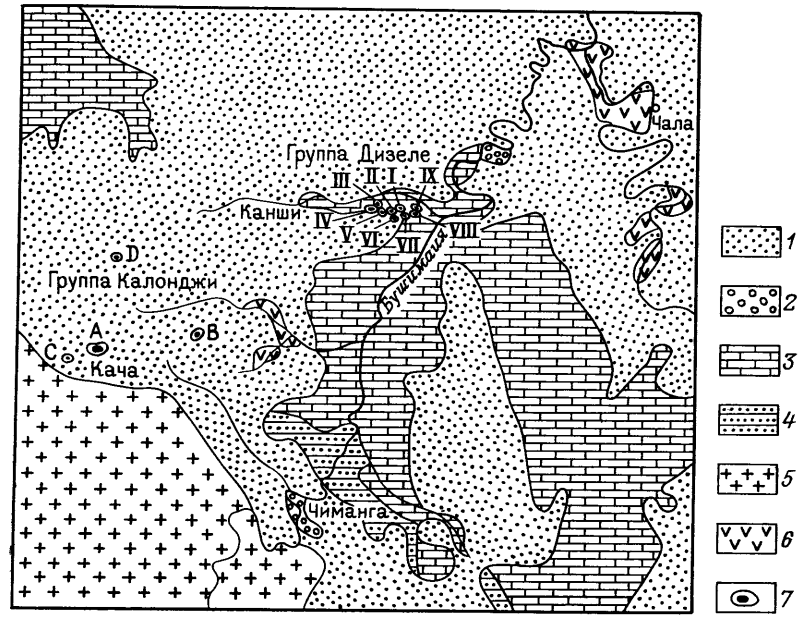

Рис. 21. Геологическая карта алмазоносной площади р. Бушимайи в Заире.

1 — песчаный покров (Mz—Q); *2* — базальные конгломераты мезозоя; *3* — известняки серии Бушимайи; *4* — песчанки серии Бушимайи; *5* — породы кристаллического основания; *6* — долериты; *7* — кимберлитовые брекчии

круг трубок кольца. При размыве этого материала он заполнял карстовые пустоты (иногда глубиной до 80 м) и пустотелые жерловые части трубок, образуя вторичные кимберлитовые брекчии.

Трубки обеих групп выполнены первичным брекчиевым кимберлитом, состоящим из ксенолитов различных пород, сцементированных массивным кимберлитом с 60% вкрапленников оливина, 18% флогопита, 5% диопсида, 4% пиропа, 4% ильменита и нередко алмаза (рис. 22, 23). Основная масса серпентин-хлорит-карбонатная с мелкими зернами магнетита, апатита, перовскита и ряда других минералов. Отмечается присутствие нескольких разновидностей граната. Содержание ксенолитов в брекчиях достигает 60—70%. В группе Дизеле они представлены в основном карбонатными породами системы Бушимайи (до 83%), а в группе Калонджи — габбро-диабазами (до 60%) и мезозойскими песчано-глинистыми породами (до 30%).

Вторичные брекчии, заполняющие верхние части трубок и карстовые полости, на 30—40% состоят из песчано-глинистой массы, на 40% из песка и обломков мезозойских песчаников, угловатых обломков известняков и доломитов системы Бушимайи,

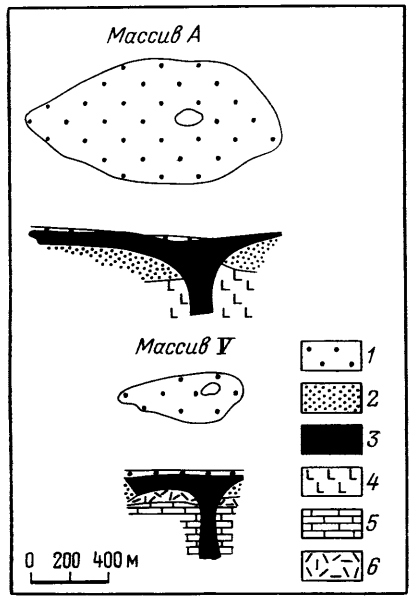

Рис. 22. План и разрезы некоторых кимберлитовых трубок группы Дизеле в Заире.

1 — делювий; *2* — мезозойские песчаники; *3* — кимберлитовые брекчии; *4* — долериты; *5* — известняки; *6* — разрушенные известняки

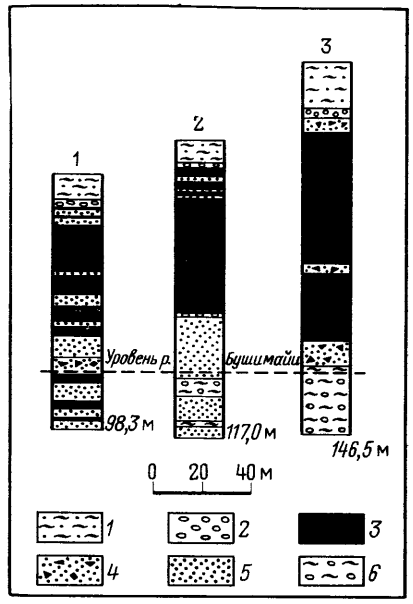

Рис. 23. Разрезы вторичных кимберлитовых брекчий массивов I и V.

1 — массив I, скв. 1; 2 — массив тот же, скв. 2; 3 — массив V.

1 — бурый песчанистый суглинок; *2* — поверхностные галечники; *3* — вторичные кимберлитовые брекчии; *4* — прослойки песчаника с обломками первичной брекчии; *5* — прослои песка и песчаника; *6* — остаточные глины с обломками кремня и известняка

округлой гальки пород основания, обломков первичной брекчии и др. размером 1—30 см (10—20%). В верхних частях эти брекчии окрашены в красный цвет и слегка сцементированы, с глубиной цвет изменяется на зеленый (табл. 11).

Все кимберлитовые трубки бассейна р. Бушимайи алмазоносны, две из них (II и V) эксплуатируются.

Вероятно, возраст кимберлитов площади Бакванги верхнемеловой, близкий к возрасту мезозойских песчаников.

Алмазы площади Бушимайи весьма невысокого качества, преобладают деформированные непрозрачные кристаллы с различного рода внутренними и внешними дефектами. Часты алмазы с прозрачным ядром и непрозрачной оболочкой, а также непрозрачные алмазы с зональной структурой. Широко распространен борт скорлуповатой, волокнистой, радиально-лучистой и зернистой структур. Нередки сростки борта с алмазами ювелирного качества. Слабо окрашенные прозрачные камни обычно

Таблица 11

Химический состав первичных и вторичных брекчий (в вес. %). [Fieremans C., 1966]

Компоненты	Первичная брекчия		Вторичная брекчия массива I		
	Группа Калонджа, массив А (2 анализа)	Группа Бакванга (Дизеле), массив V (2 анализа)	сцементированная кальцитом	выщелочная	
				красная	зеленая
SiO_2	42,05	49,06	51,61	73,79	74,39
TiO_2	0,44	0,25	0,47	0,59	0,71
Al_2O_3	4,46	3,10	6,46	7,33	6,17
Fe_2O_3	3,95	3,31	3,15	4,71	5,46
FeO	1,61	1,70	0,66	0,28	0,25
MnO	0,12	0,05	—	0,02	0,03
MgO	26,97	16,83	12,21	1,40	1,50
CaO	4,59	6,00	6,52	1,00	0,95
Na_2O	0,74	0,18	0,85	0,40	0,45
K_2O	0,66	0,45	0,74	1,70	1,36
P_2O_5	0,21	0,14	0,71	0,34	0,44
П. п. п.	11,36	16,78	16,93	7,94	7,92
Сумма	97,16	97,85	100,31	99,50	99,63

имеют форму ромбододекаэдра, гексатетраэдра и реже октаэдра. Окрашенные камни (зеленые, желтые, коричневые, серые и др.) чаще всего представлены кубами и октаэдрами, реже ромбододекаэдрами и различными комбинациями этих форм.

Добываемые на площади Бушимайи алмазы мелкие. Средняя масса их 0,03—0,05 карата. Почти 90% добываемых камней весят менее 0,1 карата. О величине добываемых камней можно судить по следующим данным:

Величина алмаза, мм	% к общей добыче
1—2	65,4
2—3	22,5
3—4	8,1
4—5	2,6
5—6	0,9
6—7	0,3
7—8	0,1
Свыше 8	0,1
Всего	100,0

Наибольший алмаз, добытый на площади Бушимайи, весил 44 карата. Среди добываемых камней наблюдается большой процент обломков. Так, в группе Дизеле в классе 1—4 мм целых кристаллов всего 40%, в классе 4—7 около 48%, а в классе свыше 7 мм — 56%. По имеющимся данным, с глубиной качест-

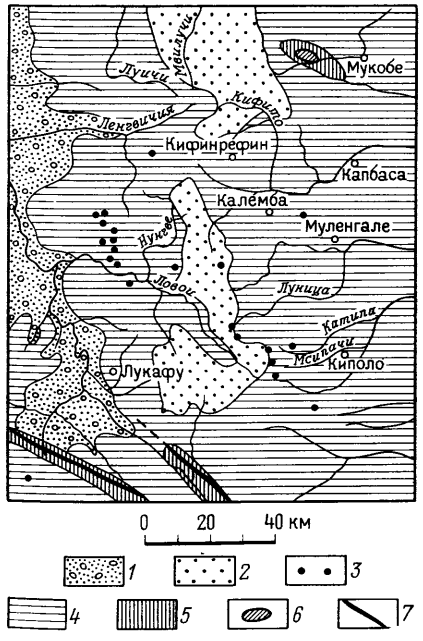

Рис. 24. Геологическая карта района распространения кимберлитовых трубок в провинции Катанга, Заир.

1 — аллювий; *2* — четвертичные отложения; *3* — кимберлиты; *4* — верхний отдел системы Кунделунгу; *5* — нижний отдел системы Кунделунгу; *6* — сланцево-доломитовая толща; *7* — разломы

во алмазов несколько улучшается.

Вследствие низкого качества алмазов площади Бушимайи реализация их на мировом рынке временами бывает затруднительной, и добываемые камни поступают в запас. Цена их за один карат лишь немного превышает стоимость синтетических алмазов.

Алмазные площади провинции Катанги (Шабо) расположены на восточной окраине Конголезской впадины к востоку от площади Касаи-Лунда [D'Andrimont, 1912—1913; Verhoogen J., 1940; и др.].

В Катанге отдельные находки алмазов известны на границе с Замбией в области Мандоко по ключу Мутенделе, притоку р. Луалаба. По этой реке находки алмазов известны на протяжении 130 км выше порогов Нгима.

В 200 км к востоку от кл. Мутенделе и к югу и юго-западу от оз. Моеро имеется плато высотой до 1000 м, вытянутое в меридиональном направлении на 200 км. Это плато двумя понижениями (на западе долиной р. Луфира и на востоке впадиной Луалабо-Моеро) разделено на две части. Понижения ограничены крутыми уступами высотой в несколько сот метров. Плато сложено горизонтальнолежащими породами серии Кунделунгу докембрийского возраста, представленными вверху песчаниками, а внизу песчано-глинистыми и слюдяными сланцами. На этих породах располагается мощная толща песков и галечников миоценового возраста (рис. 24).

На плато обнаружено 24 кимберлитовые трубки, которые можно разделить на две группы (табл. 12): западную (14 трубок) и восточную (10 трубок). Западная группа кимберлитов вытянута в меридиональном направлении на 24 км, а кимберлиты восточной группы неравномерно распределены на площади 70 км² (см. рис. 24).

Большинство трубок расположено в долинах рек, поэтому не исключено, что на плато под миоценовыми породами находятся

Таблица 12

Характеристика алмазоносности кимберлитовых трубок провинции Катанга [Verhoogen J., 1940]

Группа трубок	Название трубки	Найдено алмазов, шт.	Средний размер алмаза, карат	Содержание, карат/м³	Площадь, га
Западная	М"бо	1		0,001	23,5
»	Голо	2	0,8	0,015	4,0
»	Гвена	6	0,75	0,017	16,0
»	Зефу	3	1,33	0,010	18,0
Восточная	Талала	100	0,06	0,007	50,0
»	Камбели	7	0,21	0,002	26,0
»	Луанза	70	0,08	0,001	19,0

еще необнаруженные трубки. Большинство трубок имеет неправильную форму и занимают площадь 0,5—50 га. Поведение трубок с глубиной неизвестно, так как трубки не разведаны из-за низкого содержания в них алмазов. Средняя площадь трубок западной группы 4,3, а восточной 2,7 га. Большинство трубок выполнено базальтовыми кимберлитами и лишь трубка Кашиоба слюдяными. Изучены кимберлиты лишь западной группы. Во вкрапленниках присутствуют довольно свежий оливин с каемкой хлорита и флогопита, ярко-зеленый хромдиопсид, розовый альмандин, темно-красный пироп и пикроильменит. Энстатит и циркон редки. Основная масса состоит из серпентина, хлорита, слюды с зернами перовскита, апатита и магнетита. В трубке Гвена присутствует монтичеллит как во вкрапленниках, так и в форме оторочек на вкрапленниках оливина. Химический состав кимберлитов трубки Гвена следующий (в вес. %):

SiO_2	29,94	Na_2O	0,74
TiO_2	2,55	K_2O	0,35
Al_2O_3	5,40	P_2O_5	0,42
Fe_2O_3	8,97	H_2O^-	0,62
FeO	4,50	H_2O^+	3,55
MnO	0,02	CO_2	4,20
MgO	27,31	Сумма	99,56
CaO	10,99		

Ксенолиты в кимберлите представлены вмещающими породами Кунделунгу, долеритами, спилитами, слюдяными сланцами, гранулитами, пироксенитами, чарнокитами и родственными включениями — эклогитами. Возраст кимберлитов Катанги не установлен, но они несомненно древнее миоцена, так как миоценовые отложения содержат алмазы.

Трубки Мафва, Гондоло, Кашиоба, Киандо, Лиаса, Чимбве и Кванго содержат лишь мелкие алмазы плохого качества. Прочие трубки алмазов не содержат. Средний размер алмазов 0,12 карата. Наибольший алмаз весил 4,1 карата (трубка Гвена). Алмазных россыпей в пределах плато не обнаружено.

В 1969 г. открыто два крупных алмазных месторождения в провинции Рандунду, в 480 км к востоку от г. Киншаса в районе Кванго поблизости от селений Килембе и Кахембе. Алмазы известны также в провинции Киву в золотых и оловянных россыпях Маниема по притокам Луама в районе Омаре Кима, по притокам р. Эмила у пос. Камема, а также в бассейне р. Уалинда. Развернуты широкие поисковые работы на россыпи по р. Сункуру.

Ежегодная добыча алмазов Республики Заир исчисляется более чем в 12—13 млн. карата, перспективные запасы более 500 млн. каратов.

Ангола. В структурном отношении территория Анголы находится в пределах Касаи-Ангольского щита, ограниченного на юге Митумбо-Дамарским складчатым поясом и плитой Окаванго, на севере — плитой Конго, а на западе — зоной материкового склона Атлантического океана.

В геоморфологическом отношении территорию Анголы можно разделить на две части: прибрежную полосу низменностей, образованных морскими осадками мезозойского, третичного и четвертичного возраста, и высокое плато, сложенное породами докембрийского основания, перекрытыми в восточной части более молодыми отложениями. Плато имеет высоту свыше 900 м и крутыми ступенями спускается к океану. Наибольшие высоты (свыше 2400 м) расположены на западе центральной части Анголы, где речная система плато имеет радиальное строение: на западе реки стекают в сторону океана, на северо-востоке — в бассейн р. Конго, а на юго-востоке и юге — в сторону р. Замбези. Все реки Анголы порожистые и не пригодны для судоходства, за исключением р. Кунене.

Кристаллический цоколь сложен породами основания, образующими два крупных батолита на севере и юге Кванго (2692 млн. лет). Следующей по возрасту является осадочная формация Оендолонго (1950 млн. лет), на которой располагаются породы системы Бембе, развитые в северо-западной части Анголы и представленные известняками, сланцами и кварцитами. Эта система эквивалентна системе Западного Конго Республики Заир (450—750 млн. лет). На этих породах лежат отложения системы Карру (серии Лутое, Кассандже и Лунда). Выше располагается формация Колонда (мел), которая сопоставляется с алмазоносными конгломератами Кванго. Она перекрыта породами формации Калахари (олигоцен — плейстоцен), представленными полиморфными и охристыми песками и песчаниками. На побережье развиты меловые (апт — маастрихт), третичные (палеоцен — миоцен) и четвертичные отложения морского происхождения, интересные в отношении алмазоносности. Из изверженных пород известны постпермские долериты, пижониты и кимберлиты. Коренным источником алмазов Анголы являются кимберлиты, развитые в полосе юго-западного простирания, прослеженной на 1200 км от границы с Заиром (площадь Касаи-Лунда) до верхнего течения р. Кунене. В пределах этой полосы выявлено свыше 94 кимберлитовых трубок, не исключено открытие новых.

С северо-востока на юго-запад известны следующие площади распространения кимберлитов и алмазов (рис. 25).

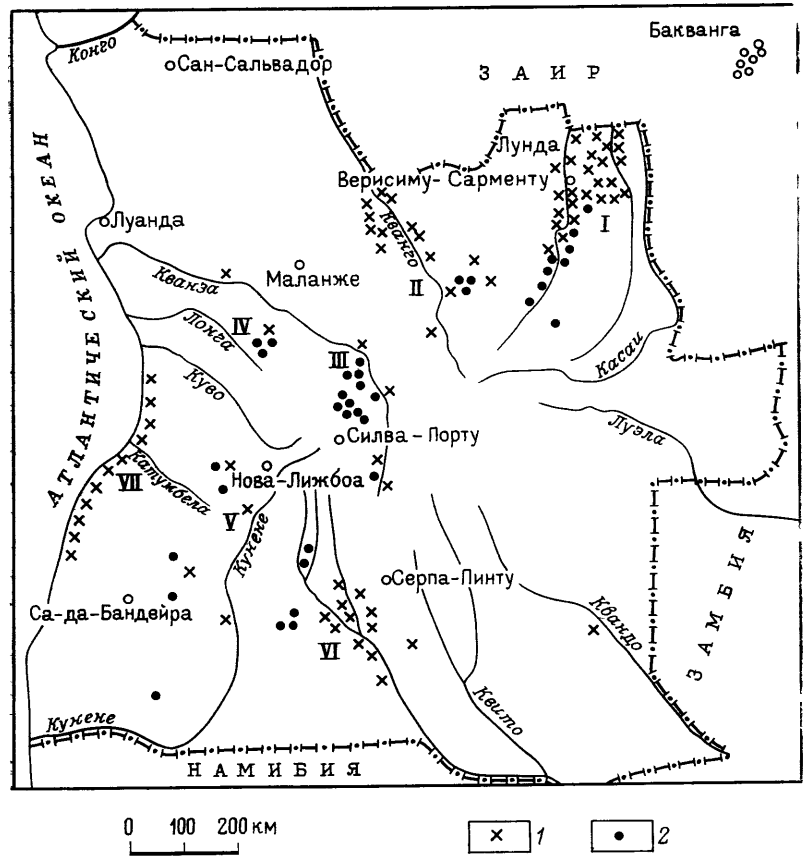

Рис. 25. Схема расположения алмазоносных площадей в Анголе.

1 — алмазные россыпи; *2* — кимберлиты

Площади распространения кимберлитов и алмазов: I — Северо-Восточный Лунд, II — верхнее течение р. Кванго, III — р. Кванза, IV — верхнее течение р. Лонго, V — бассейны рек Кунене, Катумбела и Кеве, VI — бассейны рек Кассинг и Артурде-Пайва, VII — участок зал. Св Елены

Площадь Северо-Восточного Лунда в бассейне южных притоков р. Касаи, где известна 41 кимберлитовая трубка. Эта площадь является непосредственным продолжением площади Касаи-Лунда и составляет с ней одно целое, поэтому описана в предыдущем разделе.

Площадь верхнего течения р. Кванго, расположенная в 250 км к юго-западу от предыдущей, в бассейне рек Кукумбэ, Кокуил, Лофуле и др. Она вытянута в субмеридиональном направлении на 300 км. Установлены две группы месторождений. Первая группа находится в долине верхнего течения р. Кванго с алмазными россыпями современной речной сети и конгломератами Колонда. Современная речная сеть в пределах площади имеет крутое падение и изобилует водопадами. Богатые концентрации алмазов встречены в западинах плотика, где местами содержание алмазов достигает 1,93 карата/м^3. Работы сосредоточены на восьми приисках.

Вторая группа месторождений расположена в долинах рек Кукумбэ, Кокуил и Лофуле, к юго-юго-востоку от первой. Известно 12 трубок и одна дайка. Трубки округлые, небольшого размера, прорывают породы Нижнего Карру (Двайка) и выполнены массивным кимберлитом или кимберлитовой брекчией.

Площадь р. Кванза, впадающей в Атлантический океан, находится в 250 км от предыдущей и расположена на высоте 1200—1700 м. Известно 14 трубок кимберлита, который древнее долеритов. Они приурочены к контакту пород основания и пород системы Западного Конго. Трубки пустые или содержат небольшое число алмазов. Известны также аллювиальные россыпи, в концентратах которых ильменит преобладает над пиропом.

Площадь верхнего течения р. Лонга, впадающей в Атлантический океан южнее устья р. Кванза, расположена в долине реки, протекающей по флексуре, осложненной рядом разломов, которые контролируют появление кимберлитов. Известно две кимберлитовых трубки.

Площадь бассейнов рек Кунене, Катумбела и Куво расположена в 250 км от предыдущей в районе г. Нова-Лижбоа на высоте 1700—2000 м. Здесь проходит полоса длиной 390 км и шириной 55—85 км основных и ультраосновных пород, приуроченных к кольцевым структурам и образованных щелочно-карбонатитовыми расплавами. Щелочные комплексы представлены нефелиновыми сиенитами, ийолитами, трахитами, фонолитами, брекчиями, туфами, карбонатитами и кимберлитами. Последние две породы одновозрастные и приурочены к одним и тем же структурам. Установлены три главные системы сбросов — восточная, северо-восточная и северо-западная, из них наиболее древние восточные сбросы. Известно два выхода кимберлитов и не исключено обнаружение новых.

Площадь Кассинга — Артур-де-Пайва — самая южная, расположена в 160—300 км к югу от площади Ново-Лижбоа. Имеется ряд выходов кимберлита. Более подробные данные отсутствуют.

Отдельные алмазы найдены по притокам р. Замбези — рч. Кубанго, Квито, Квандо и др. на юго-востоке Анголы. Алмазы известны и на побережье Атлантического океана — на участке от зал. Святой Елены на юге до устья р. Квин на севере на расстоянии 1920 км. Здесь выявлен участок протяженностью 60 км с промышленным содержанием алмазов, начата добыча. Преобладают алмазы размером 0,5—1 карат. Источником алмазов, выявленных прибрежно-морских россыпей, являются морские террасовые галечники. Коренным источником алмазов несомненно служат кимберлиты, которые еще не обнаружены в прибрежной зоне, или кимберлиты, расположенные внутри страны, содержащиеся в них алмазы доставлены реками на морское побережье.

В полосе распространения кимберлитов, простирающейся в юго-западном направлении от Бакванги в Заире до р. Кунене в Анголе, наиболее богаты алмазами кимберлиты, расположенные в ее северо-восточной части. По мере движения на юго-запад содержание алмазов в кимберлитах уменьшается, на самом юго-западе кимберлиты приурочены к кольцевым структурам и сопровождаются щелочными породами и карбонатитами.

Алмазы Анголы высокого качества, на долю ювелирных разностей приходится 65—75% общей добычи. Средний размер добываемых камней 0,22—0,25 карата. Около 80% алмазов Анголы бесцветные со слабым желтоватым оттенком. Преобладают октаэдры. Часть аллювиальных алмазов имеет следы износа.

Ежегодная добыча алмазов в Анголе около 2 млн. каратов, лишь за последние годы в связи с политическими событиями уменьшилась до 600—700 тыс. каратов.

Таким образом, в Центральной Африке существуют кимберлиты не менее двух возрастов — протерозойского и мезозойского. Протерозойские кимберлиты сильно метаморфизованы и представлены лишь жилами и дайками. Мезозойские распространены шире и представлены преимущественно трубками, изредка жилами и дайками. Зональности в расположении различных разновидностей кимберлитов не наблюдается. В полосе кимберлитов, прослеживающейся от площади Бакванга почти до бассейна р. Кунене, наблюдаются изменение содержания алмазов в юго-западном направлении и увеличение интенсивности процессов магматической эволюции в том же направлении до появления на юге щелочных пород и карбонатитов. Следует отметить слабую эродированность кимберлитов на севере полосы (площадь Бушимайя), где сохранились кратерные части трубок, выполненные вторичными брекчиями.

В алмазных россыпях Центральноафриканской Республики наряду с алмазами присутствует заметное количество карбонадо. Отмечается значительное обогащение алмазами россыпей в за-

карстованных областях распространения кимберлитов, а также существование и широкое распространение вторичных источников алмазов — россыпей, возникших за счет размыва мезозойских песчаников, известных в различных районах Центральной Африки (Берберати, Любилаш, Кванго и др.).

Алмазные месторождения Восточной Африки

В тектоническом отношении Восточная Африка находится в пределах Танзанийского блока, который на западе ограничен Митумба-Дамарским складчатым поясом и плитой Малагарази, а на востоке окаймлен полукольцом сбросов и надвигов Осва-Нанди-Бубу и Сомали-Мозамбикского блока [Елизарьев Ю. З. и др., 1976].

Центральный массив Танзанийского блока в основном сложен гранитами и мигматитами с останцами глубоко метаморфизованных пара- и ортопород, которые на юге объединяются в систему Додома (3200—2300 млн. лет). Метаморфические комплексы цоколя перекрыты складчатыми комплексами Ньянза (3150±80 млн. лет), Кавиронда (2595±100 млн. лет) и их аналогами. Система Убенди (гнейсы и кристаллические сланцы), развитая на юго-западе Танзании,— нижнедокембрийского возраста. На севере Центральный массив Танзании обрамлен складчатой зоной Буганде-Торе, сложенной системой Торе (глинистые и песчанистые сланцы, филлиты, мергели, амфиболиты, гравелиты и конгломераты) среднедокембрийского возраста. В южной части Центрального массива развиты свиты Укинга, Консе и другие среднедокембрийского возраста.

Обширные площади Сомали-Мозамбикского блока сложены породами комплекса основания. В Мозамбике он представлен пара- и ортогнейсами и разнообразными кристаллическими сланцами. В восточной части Кении комплекс основания имеет двучленное строение. Нижняя часть образована различными гнейсами, пара- и ортоамфиболитами с горизонтами мраморов и кварцитов, а верхняя состоит из биотитовых и роговообманковых гнейсов с подчиненным количеством глиноземистых пород, местами чарнокитов и др.

В округе Маника-Софала в Мозамбике возраст комплекса основания более древний (Алданийский).

В восточной части Танзании развита система Усагара с тремя горизонтами: гнейсовым, гнейсо-кварцито-гранулитовым и гнейсо-кварцито-карбонатным. Нижняя толща цоколя Мозамбикского щита на территории Танзании представлен гнейсами Калема. Выше ее последовательно распространены группы Олдоньо и Махенге. На юго-востоке Танзании развита серия Масаси (гнейсы, гранулиты, чарнокиты, амфиболиты, кварциты), а в Кении, в районе Магади,— серия Турока (500—585 млн. лет).

Для Сомали-Мозамбикского блока характерно отсутствие гранитных батолитов и четко выраженной последовательности смены снизу вверх гнейсовой толщи гнейсо-кварцито-гранулитовой и гнейсо-амфиболитовой.

Возраст пород цоколя Мозамбикского пояса Восточной Африки следующий: двух нижних толщ 3500 млн. лет, двух верхних толщ (гнейсо-кварцито-карбонатной и гнейсово-амфиболитовой) очевидно древнее возраста катаклазитов зоны Бубу — 1295±50 млн. лет.

Алмазоносность Восточной Африки изучена еще довольно слабо, поэтому перспективы ее не совсем ясны, хотя находки отдельных алмазов известны во многих районах. Алмазные месторождения разрабатываются лишь в Танганьике, а отдельные находки алмазов известны в Уганде, Кении, Мозамбике и Малави.

Уганда. В Северо-Восточной Уганде отдельные алмазы найдены по р. Кайисин и ее притокам [Nixon P. H., 1973$_2$]. Эта река и ее притоки дренируют юго-западные склоны горы Морото, представляющей собой типичный вулкан [Varne R., 1968]. В первую фазу его деятельности возникли туфы и лавы, во вторую — кимберлитовые туфы и в третью — нефелинититовые лавы и пирокласты.

Кимберлитовые туфы, сложенные зеленовато-серыми лапиллями, представляют собой поверхностные продукты выбросов кимберлитовой трубки, сохранившейся под вулканическими породами Морото (табл. 13). Лапилли величиной до 1 см состоят из полупрозрачного агрегата хлорита, псевдоморфоз серпентина по оливину и магнетита. Внутри лапилли встречены авгит, пироп и обломки ультраосновных пород с оливином, хромдиопсидом, энстатитом, хромовой шпинелью и флогопитом.

Таблица 13

Химический состав кимберлитовых туфов и лапиллей вулкана Морото (в вес. %) [Nixon P. H., 1973$_2$]

Компоненты	Туф	Лапилли	Компоненты	Туф	Лапилли
SiO_2	33,38	37,28	Na_2O	0,46	0,50
TiO_2	1,55	2,50	K_2O	1,13	0,92
Al_2O_3	8,30	7,45	P_2O_5	0,46	0,59
Fe_2O_3	7,15	9,48	H_2O^+	5,50	6,53
FeO	0,99	1,36	H_2O^-	7,46	8,39
MnO	0,24	1,66	CO_2	10,11	3,76
MgO	7,13	8,51	Сумма	100,32	100,48
CaO	16,46	11,55			

Аналитик Г. К. Патель

Таблица 14

Содержание ряда элементов в кимберлитовых туфах и лапиллях вулкана Морото (в $n \cdot 10^{-6}$%)

Элемент	Туф	Лапилли	Элемент	Туф	Лапилли
Cu	50	75	Bi	Нет данных	Нет данных
Pb	<5	<5	Cr	210	300
Sn	<5	<10	Ba	150	180
Co	10	42	Sr	188	200
Ni	175	220	Zr	50	100
Ag	0,3	0,6	Ga	Нет данных	Нет данных
Nb	20	20	V	88	100

Эти отложения отличаются от типичного кимберлита трубок повышенным содержанием Al_2O_3 (вторичный хлорит и глинистые минералы), пониженным содержанием MgO (низкое содержание серпентина), обилием летучих и др. (табл. 14).

В Юго-Западной Уганде находки алмазов известны и восточнее оз. Альберт на площади Бухведжи, в районе Анколе и ряде других мест [Reece A. W., 1961]. Возможно эти алмазы происходят из кварцитов Лубора и конгломератов Имигиро и были принесены на плато Бухведжи с севера и северо-востока Уганды, где расположены мелкие вулканические аппараты, в том числе и вулкан Морото.

В Южной Уганде алмаз размером 0,25 карата был найден в золотоносной россыпи Кибале, в 3 км к северо-востоку от г. Марангара.

Кения. Алмазы известны в западной части Кении — в Ндаругу и в золотоносной площади Какамега восточнее оз. Виктория [De Kun N., 1965, Nixon P. H., 1973 2; Hawthorne J. B., 1968; и др.].

В Южной Кении, в 80 км к югу от г. Момбаса и в 50 км от берега океана в районе Мрима-Хилл открыто несколько непромышленных наклонных тел кимберлита субмеридионального простирания с углом падения до 40°, секущих пермо-карбоновые сланцы (рис. 26). На тектонической карте Б. Шубера, изданной ЮНЕСКО в 1968 г., отмечены кимберлитовые тела — одно в поле развития молодых вулканических пород, а два других прорывают породы серии Ньянза. Спутники алмазов по кимберлитам обнаружены в Суле и по дороге Найроби — Момбаса в районе Хунтерс Лодж.

Танзания. Алмазоносные площади (рис. 27) расположены к югу от оз. Виктория в пределах Танганьики [Stockley G. M., 1947; Harris J. F., 1961; Edwards C. B., Howkins J. B., 1966; Dawson J. B., 1970; и др.]

Древние породы основания обнажаются в юго-западной части страны и представлены сильно метаморфизованными слан-

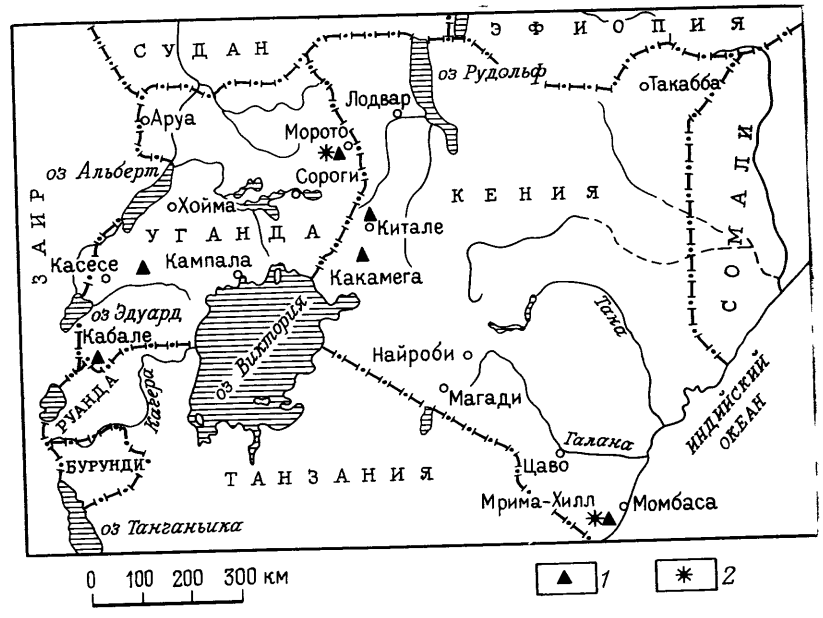

Рис. 26. Карта распространения кимберлитов и отдельных находок алмазов в Уганде и Кении

1 — находки алмазов, *2* — кимберлиты

цами и основными изверженными породами. Граниты выходят на поверхность во многих местах и особенно на Центральном плато. Выше гранитов залегают породы серий Ньянза и Кавиронда. Первая сложена вулканическими породами, слоистыми железняками, кислыми и основными эффузивами, а вторая — массивными валунными конгломератами с галькой слоистых железняков, вулканических пород и гранитов. К северу эти породы сменяются кварцитами и аркозовыми песчаниками. В северо-западном углу Танганьики развиты кварциты, крупнозернистые песчаники, конгломераты, джеспилиты, филлиты и сланцы с прослоями кислых вулканитов, принадлежащих к серии Мува-Анколе. Эта серия подверглась интенсивным процессам складкообразования. Общая мощность ее 12 870 м.

Следующая по возрасту интрузия гранитов развита в северной части страны. На северо-востоке и северо-западе распространена серия Букоба — белые и красноватые мелко- и среднезернистые песчаники мощностью несколько сот метров. Породы серии Букоба прорваны многочисленными даиками и силлами долеритов.

Следующими по возрасту являются кимберлиты, представленные преимущественно трубками, реже дайками и силлами. Известно более 200 кимберлитовых тел. Диаметр трубок изме-

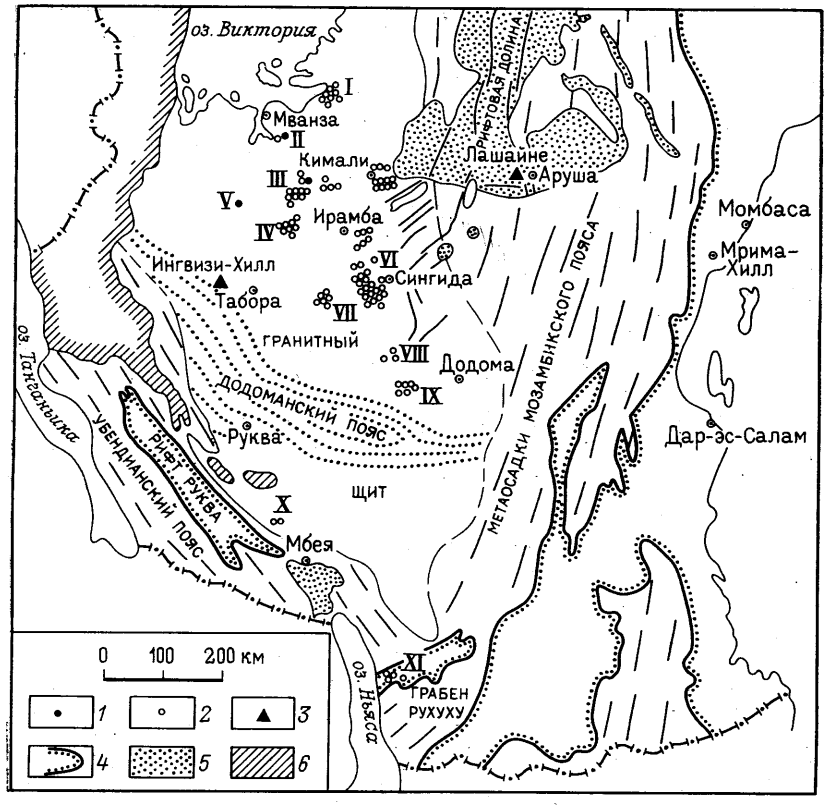

Рис. 27 Схема распространения кимберлитов в Танзании [Dawson J. B., 1970].

1—3 — кимберлиты: *1* — алмазоносные, *2* — неалмазоносные, *3* — экструзивные; *4* — карру и более молодые осадки; *5* — неогеновые вулканические породы; *6* — протерозойские и палеозойские породы.

Площади распространения кимберлитов и россыпей: I — Спик, II — Мабуки, III — Шиньянга, IV — Нзега, V — Кахама, VI — Сингида — Ирамба, VII — Ньяха, VIII — Саранда, IX — Бахи-Кизиго, X — Нгуэлла, XI — Рухуху

няется от 0,9 до 1525 м. Возраст кимберлитов определяется их интрузией в сланцы Карру в пределах депрессии Рухуху. Обычно кимберлиты встречаются группами, реже одиночными телами.

На поверхности Центрального плато широко распространен гранитный элювий («серый цемент») мощностью до 30 м, приуроченный преимущественно к понижениям в рельефе, а также к долинам древних рек. Местами этот элювий подвергся процессам окремнения. Наиболее молодые породы — красные латеритовые глины и галечники мощностью 0,3—2 м, озерные глины в районе озер Руква и Айси, террасовые и русловые отложения и дюнные пески.

Интенсивная вулканическая деятельность происходила в третичный и четвертичный периоды (вулканы Ленгай, Килиманджаро, Меру и др.).

Основные алмазные месторождения сосредоточены в пределах Центрального плато, ограниченного с двух сторон крупными сбросами: Грегори — на востоке и Западным — на западе. Центральное плато представляет собой пенеплен плиоценового возраста высотой 1050—1200 м с прогибом в центральной части, занятой болотами Малагарази, протягивающимися до оз. Виктория. В Танганьике найдены коренные и россыпные месторождения алмазов. Россыпи вследствие слабой эродированности кимберлитов развиты слабо и расположены лишь вблизи трубок.

Известны следующие площади распространения кимберлитов и россыпей.

Площадь зал. Спик на восточном побережье оз. Виктория, где известно 12 неалмазоносных кимберлитов [Edwards C. B., Howkins J. B., 1966].

Площадь Мабуки (Квимба) расположена в 50 км к югу от оз. Виктория. В ее пределах известны кимберлитовые трубки Мабуки и Мваманга и связанные с ними россыпи. Трубка Мабуки находится среди метаморфических сланцев и филлитов вблизи их контакта с гранитами. Кимберлит богат ксенолитами посторонних пород и родственными включениями. С поверхности трубка заполнена фангломератами мощностью до 10 м с содержанием до 0,25 карат/м^3, а содержание алмазов в трубке не превышает 0,04 карат/м^3. На глубине 25 м содержание алмазов снизилось до 0,005 карат/м^3. Наибольший алмаз весил 53 карата.

Алмазные галечники, шлейфом окружающие холм, на котором расположена трубка, имеют мощность до 10,7 м и содержат 0,2 карат/м^3 алмазов. За время эксплуатации (1925—1937 гг.) из трубки и сопутствующих ей галечников было добыто 95 501 карат алмазов.

Трубка Мваманга имеет изогнутую форму длиной 750 м и залегает среди гранитов. Содержание в ней алмазов 0,2 карат/м^3. Средний размер камней 0,9 карата. На поверхности трубки располагалась небольшая аллювиальная россыпь.

Площадь Шиньянга расположена в 65 км к югу от площади Мабуки, на краю большой депрессии Вамбере-Айси. В ее пределах выделяются три группы кимберлитов: Северного, Южного и Восточного Шиньянга. Группа Северного Шиньянга расположена по правобережью р. Мумбо (трубки Ибадакуле, Бата, Шилолеле, Усагоре 1 и 2, Южное Усагоре и др.). Алмазоносны трубки Ибадакуле, Усагоре 1 и 2, Южное Усагоре.

Поле Южного Шиньянга находится в южной части площади вблизи холма Кизумби (трубки Султан, Кизумби, Баобаб, Вильсона, Виттури, Вассера 1 и 2).

Трубка Султан имеет размеры 210×135 м. Содержание алмазов в трубке 0,04 карата/м³. Средний размер алмазов 0,89 карата.

Трубка Кизумби залегает среди гранитов. Алмазы в ней мелкие; содержится их 0,05 карат/м³. В 150 м от трубки располагается богатая делювиальная россыпь с двумя пластами галечников. Содержание алмазов в нижнем пласте 0,1, а в верхнем 0,3 карат/м³. Средняя масса камней 3—4 карата. Наибольший камень весил 92,5 карата.

Трубка Баобаб представляет собой раздув дайки размером 130×81 мм. В ней найден всего один алмаз. Трубка Вильсона расположена на контакте гранита и метаморфизованных основных пород. Найдено несколько мелких алмазов. Трубка Виттури имеет непромышленное содержание алмазов. Трубка Виссера 1 дайкообразная, размер ее 225×(50—80) м. Найдено несколько мелких камней.

На склонах холма Кизумби расположен ряд мелких ложковых россыпей с алмазами, приуроченными к западинам плотика. Содержание алмазов 0,26 карат/м³. Средний размер алмазов 0,33 карата. Преобладают бесцветные камни, реже встречаются коричневые и зеленые. Основные формы — октаэдры и додекаэдры с округлыми гранями.

Поле Восточного Шиньянга объединяет трубки Кишапу, Мунге, Негези 1 и 2, Диби 1 и 2 и Нгунга. В трубке Мунге размером 160×70 м, залегающей среди гранитов, найдено несколько мелких камней. Остальные трубки алмазов не содержат. В районе трубки Нгунга обнаружены алмазоносные галечники озерного происхождения.

На площади Шиньянга расположена наиболее крупная в мире алмазоносная трубка Мвадуи размером 1525×1068 м. С глубиной сечение трубки уменьшается [Дю-Тойт А. Л., 1957; Du Toit A. L., 1959; Dawson J. B., 1970; и др.]. С поверхности трубка перекрыта черной почвой, ниже которой лежат красные галечники мощностью 0,3—4 м, сменяющиеся книзу известковистыми, последние с глубиной окремнены и превращены в силкрет. Вокруг кратера трубки наблюдаются остаточные концентрации алмазов, которые в северном и западном направлениях распространяются на 900 м, а в восточном — только на 250 м (рис. 28).

Под поверхностными отложениями в районе трубки залегают осадочные образования, представленные у бортов трубки слабо сортированными валунными отложениями, переслаивающимися с тонкозернистыми. К центру трубки отложения становятся более мелкозернистыми и лучше сортированными и представляют собой отложения с растительными остатками и отпечатками ископаемых рыб. Между бледно-желтыми озерными сланцами и валунными слоями встречаются и дельтовые галечники. Осадочные породы располагаются на кимберлит-гранитной брекчии,

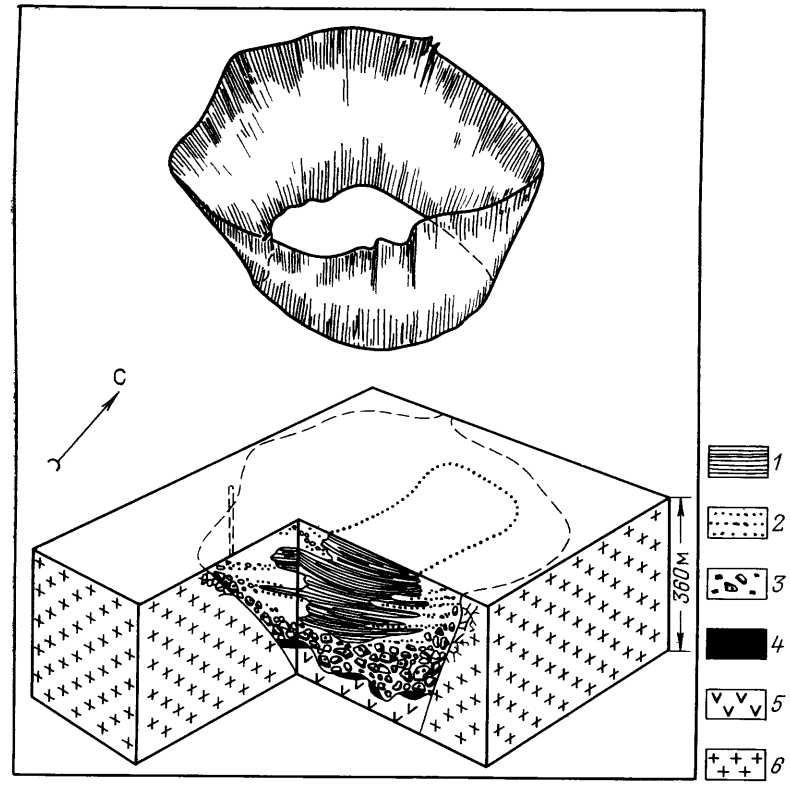

Рис. 28. Блок-диаграмма трубки Мвадуи в Танзании.

1 — глинистые сланцы и аргиллиты; *2* — сортированные галечники; *3* — гранит-кимберлитовая брекчия; *4* — кимберлитовые туфы; *5* — первичный кимберлит; *6* — граниты и гнейсы

наиболее мощной в центральных частях кратера (до 210 м), к краям ее мощность уменьшается до 90—120 м. Брекчия несортированная, сложена обломками гранита и кимберлита размером до 1,5 м. Эта брекчия лежит на волнистой, почти горизонтальной поверхности кимберлитового туфа (КТ).

Первичный кимберлит (К) находится на глубине 366 м от поверхности. Он представлен двумя разновидностями; $К_1$ выполняет юго-западную часть трубки, он наиболее мелкозернистый, желтовато-коричневого цвета, с прожилками кальцита. Кимберлит $К_2$ распространен в южной, восточной и северной частях трубки. Он серо-зеленого цвета, сложен оливином с монтмориллонитом. Оливина местами содержится 50%. Среднее содержание алмазов в трубке 20,12—26,75 карат/100 т. Средняя величина камней около 1 карата. Находки алмазов в 100 каратов и более довольно частое явление. Ювелирные камни состав-

ляют около 40%. Ежегодно добывается примерно 600—700 тыс. каратов алмазов.

Кимберлитовая дайка около трубки и галечники в окрестностях трубки разрабатываются компанией Аламази. Содержание алмазов на этом отводе 5,2—5,7 карат/100 м³.

Площадь Нзега (Узонго) расположена к юго-западу от площади Шиньянга, в бассейне верхнего течения р. Манонги. На юго-востоке площади имеется трубка Главная, занимающая площадь 5,87 га и выполненная кимберлитовой брекчией. Среднее содержание в трубке алмазов 0,015 карата/м³. В восточной части ее из элювиальной россыпи было добыто свыше 2500 каратов. Средний размер камней 0,5 карата. Наибольший алмаз весил 10 каратов. Кроме Главной имеются трубки Центральная, а также трубки 1, 2 и 3. Трубка Центральная площадью 0,25 га сложена массивными кимберлитами; в ней найден всего лишь один алмаз.

Трубки 1, 2 и 3 неправильной формы и не содержат алмазов. К площади Нзега относятся три небольшие трубки Кахама, расположенные в 160 км к северу от г. Табора. Эти трубки к 1971 г. были отработаны. Всего было добыто свыше 60 000 каратов алмазов с содержанием от 3,27 до 5,73 карата/м³.

Площадь Сингида—Ирамба. В ее пределах имеются две группы кимберлитов — северная на плато Ирамба и южная — Сингида, между городами Усоре и Мтавира. Силлы выявлены в северной части плато Ирамба по долинам мелких речек. Так, силлы Кизирири расположены в северо-восточной части плато, вблизи края обрыва, в 30 км от Кирондаталя. Самый восточный выход представляет собой четырехэтажные силлоподобные залежи мощностью 0,6—1,2 м, отделенные друг от друга аплитовидным гранитом. Они сложены мелкозернистой породой с разложенным ильменитом, с обломками вмещающих пород и более древнего кимберлита.

Подобный характер имеет залежь Кингслей, находящаяся в 3,5 км к северо-востоку от Кизирири. Мощность ее 9 м, и она также приурочена к пластовой отдельности гранита. Подобные залежи прослеживаются на несколько сотен метров.

В 1,5 км к юго-востоку от дер. Киомбой находится трубка Бошов размером 200×550 м, залегающая среди гранитов. Кимберлит трубки сильно выветрелый, с ксенолитами гранита, сланцев и песчаников Верхнего Карру и родственными включениями эклогитов. Алмазы отсутствуют. В 1,5 км от этой трубки среди слюдистых и песчаных сланцев, вблизи их контакта с гранитом, расположена трубка Бонини (85×90 м). Трубка перекрыта глинами и галечниками аллювиального происхождения. Алмазов в трубке не обнаружено. Есть данные, что на плато Ирамбо существуют еще восемь выходов кимберлита.

На южном поле Сингида среди гранитов известно более 20 выходов кимберлитов. Группа Сингида расположена в 16 км к

югу от Гарута и в 48 км от с. Сингида вдоль р. Сонгели, впадающей в болото Вембере. В северной части площади известно четыре выхода кимберлита. Северное тело грушевидное, размером 1190×550 м, вытянуто в северо-восточном направлении. Кимберлит крупнозернистый, с большим количеством слюды, мелкими зернами граната и диопсида и крупными выделениями апатита. Алмазы не встречены.

В 1 км вниз по р. Сонгели обнаружена дайка кимберлита, а в 2 км от нее — два выхода кимберлита овальной формы размером 350×275 м, более крупный и более мелкий — к северо-западу от него. В нем был найден один алмаз.

В южной части площади Сингида, в 4 км к юго-западу от с. Мтавира среди гранитоидов обнаружено свыше 20 выходов кимберлита, среди них крупные размером 180×90 и 335×275 м. В них алмазов не встречено. В последние годы на этой площади было обнаружено еще 15 кимберлитовых тел, из которых семь в районе Иханье алмазоносны.

Площадь Ньяха к югу от Шиньянга в бассейне одноименной реки. Известно шесть несодержащих алмазов кимберлитовых тел. Россыпей в районе также неизвестно.

Площадь Саранда на юго-востоке Танзании, к северо-востоку от г. Саранда, в бассейне рек Кунганира и Мпонде. Известно семь выходов кимберлита. Алмазов на этой площади неизвестно.

Площадь Бахи-Кизиго в 30—40 км южнее площади Саранда. Известные выходы кимберлитов неалмазоносны.

Площадь р. Рунгва в 200 км юго-западнее площади Ньяха. Имеется единственный выход неалмазоносного кимберлита.

Площадь Рухуху в пределах одноименного грабена у северо-восточного побережья оз. Ньяса. В пределах грабена известно две группы кимберлитовых тел — Кивирунга и Кикет. В группе Кикет на северо-западе площади установлены две дайки кимберлита мощностью 0,4 м, а в группе Кивирунга в долине р. Лувеча (приток р. Мчучума) среди пород Карру известно три трубки и две дайки юго-западного простирания. Некоторые трубки образуют положительные формы рельефа и выполнены кимберлитовыми брекчиями. Дайки сложены мелкозернистым массивным кимберлитом с мелкими вкрапленниками оливина. Алмазов на площади Рухуху неизвестно.

Площадь Нгуэлла в 30 км от оз. Руква. На этой площади известен комплекс щелочных, щелочно-ультраосновных и карбонатитовых пород, прорванных кимберлитами. Алмазы отсутствуют.

Таким образом, коренные месторождения Танганьики представлены кимберлитами, которые, по-видимому, аналогичны и одновозрастны кимберлитам Южной Африки (табл. 15). На выходах кимберлиты превращены в желтую и голубую землю. Преобладают трубчатые тела различной формы и размеров.

Таблица 15

Химический состав кимберлитов Танганьики (в вес. %)

Место взятия	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	CO_2	Сумма
Трубка Мвадуи, горизонт 366 м	43,44	0,41	6,15	2,60	1,89	0,00	18,48	2,91	2,60	1,40	0,13	4,70	12,70	2,96	100,37
Трубка Кавирунга-Хилл, юго-восточная часть	30,22	3,37	3,93	6,39	3,82	0,16	24,78	11,27	2,02	0,24	1,14	6,18	0,48	6,03	100,03
Дайка у трубки Кавирунга	25,96	2,88	3,42	5,95	3,64	0,39	23,46	14,24	0,88	Следы	0,82	7,86	0,40	10,22	100,12

Большинство трубок слабо эродированы и на них сохранились кратерные части (Мвадуи, Мабуки и др.), заполненные осадочно-вулканогенным материалом на значительную глубину, в результате чего трубки с трудом обнаруживаются на поверхности. Содержание алмазов в трубках весьма низкое и только единицы их эксплуатируются. Родственные включения в кимберлитах Танганьики сравнительно редки.

В кимберлите Мвадуи на горизонте 366 м содержится отдельных элементов (в 10^{-6}%):

Cu	18
Pb	5
Co	75
Ni	450
Ag	<0,1
Nb	<20
Bi	20
Cr	480
Ba	250
Sr	250
Zr	45
Ga	10
V	8
Sn	<5

Алмазы Танганьики высокого качества и относительно крупные. Ювелирные разности составляют 51% общей добычи по массе и 83% по стоимости. Средняя масса алмазов за последние годы 0,3—0,4 карата. Наиболее крупный ювелирный алмаз был найден в 1956 г. и весил 240,83 карата. На руднике Мвадуи был найден алмаз прекрасного розового цвета 54,5 карата. Он был преподнесен английской королеве Елизавете при ее посещении Танганьики (теперь Танзании).

Характер алмазов в различных частях Танганьики неодинаковый.

В трубке Мабуки преобладали алмазы искаженной формы с шероховатыми гранями. Двойники встречались редко, чаще обломки по спайности, борт и камни коричневого цвета.

В трубке Мвадуи преобладали бесцветные камни, реже встречались голубоватые и коричневые, еще реже розовые и с зеленоватым оттенком. Часто встречались двойники. В 1942 г. средняя масса алмазов была 0,60 карата, а в 1955 г. вследствие введения в действие новой обогатительной фабрики, улавливающей мелкие алмазы, средняя масса алмазов снизилась до 0,24 карата.

В настоящее время в Танзании разрабатывается лишь трубка Мвадуи с годовой добычей 600—800 тыс. каратов и месторождения на отводе Аламази (кимберлитовая дайка и продукты перемыва выброса трубки).

Для Восточной Африки характерна приуроченность алмазоносности к областям Великих Рифтов Африки и развитие в их пределах всех известных форм кимберлитов — трубок, даек, жил и силлов с преобладанием первых. В тектоническом отношении алмазоносность Восточной Африки, связанная с выходами гранитов, значительно отличается от алмазоносности Западной Африки, также развитой в области распространения гранитов. В Западной Африке преимущественно распространены дайки кимберлита и, как исключение,— трубки, возникающие на пересечении ряда разломов. В Танганьике преобладают трубчатые тела и довольно широко развиты силлы, приуроченные к пластовой отдельности гранитов, что является следствием различия тектонических движений в этих частях Африки.

В пределах Уганды впервые встречен типичный кимберлитовый вулкан, что подтвердило мнение автора о связи кимберлитов с поверхностным вулканизмом щелочно-ультраосновной магмы со всеми вытекающими из этого последствиями (существование промежуточных магматических камер, периодических извержений, групповое расположение трубок и др.).

Слабая эродированность областей распространения кимберлитов в Восточной Африке по сравнению с Западной обусловила, с одной стороны, слабое развитие в Восточной Африке россыпей, а с другой — обеспечила сохранность в Восточной Африке слабоалмазоносных кратерных частей трубок, иногда даже с вулканическими надстройками (Морото и др.).

Мозамбик. В 1969 г. в провинции Тете в Северном Мозамбике вблизи границы с Замбией у с. Зумбо была обнаружена алмазоносная кимберлитовая трубка, которая в настоящее время разведывается. Имеются отдельные находки алмазов по р. Замбе, на площади Доа вблизи границы с Малави и в Южном Мозамбике на границе со Свазилендом в районе Катуаки. Более подробные данные отсутствуют.

Малави. Имеются сведения о находке нескольких выходов кимберлитов на севере республики в районе Румпи.

Алмазные месторождения Южной Африки

Под Южной Африкой понимается часть Африканского континента, расположенная к югу от р. Замбези в пределах Намибии, Ботсваны, Южно-Африканской Республики с Малым Намаквалендом, Зимбабве, Лесото и Свазиленда. В геоморфологическом отношении эту часть Африки можно разделить на внутреннее плато и область между ним и побережьем океана на востоке, юге и западе.

Внутреннее плато представляет собой высокое плоскогорье, прогнутое в центральной части, занятой пустыней Калахари, и имеет абсолютные высоты 900—950 м. Высоты окраинных частей плоскогорья 1300—1500 м. Наиболее крупные реки — Замбези, впадающая в Индийский океан, и р. Оранжевая, текущая в Атлантический океан. Внутреннее плато отделено от прибрежных областей обрывом, известным под названием Великого Уступа, достигающего наибольшей высоты в провинции Наталь в горах Кваталамба. Бóльшая часть Внутреннего плато рассматривается как миоценовый пенеплен, высота которого изменяется от 1350 м на западе до 1650 м на востоке. Местами на более низких геометрических уровнях встречаются остатки пенепленов начала третичного и более позднего возраста. Поверхность миоценового пенеплена представляет собой более или менее плоскую равнину с отдельными неправильной формы холмами с плоскими вершинами.

В зависимости от характера поверхности, климата и ряда других признаков Внутреннее плато Южной Африки может быть разделено на ряд областей. Верхнее Карру расположено в пределах Капской провинции и на юге ограничено Великим Уступом, известным здесь под именем Ньювельд и Снеевберген, на севере — пустыней Калахари, а на востоке — высоким вельдом Оранжевой Республики. Высота Верхнего Карру 600—1600 м. Количество осадков 125—625 мм. Реки сезонные. Бóльшая часть его покрыта кустарником.

Нагорье Басуто расположено в юго-восточной части ЮАР в верхнем течении р. Оранжевой. Это самая высокая часть Южной Африки, характеризуется сильно расчлененным рельефом, в котором разность высот достигает 1500 м. Реки текут в глубоких каньонах. Выпадает большое количество осадков, но благодаря крутизне склонов растительность развита слабо.

Высокий вельд расположен в пределах Южного Трансвааля и частично в Оранжевой республике. Он представляет собой волнистую холмистую поверхность с плосковершинными холмами, покрытыми растительностью. Высота его 1500 м. На поверхности Высокого вельда имеется большое количество чашеобразных углублений («панов»), которые в дождливые периоды превращаются в озера. Осадков выпадает 500—875 мм. Реки частично сезонные.

Бушвельд находится в центре северной части Трансвааля, где расположена грубоконцентрическая депрессия, окруженная хребтами. Поверхность центральной депрессии представляет собой волнистую поверхность высотой около 900 м. Колебания высот в пределах Бушвельда от 750 до 1600 м.

Низкий вельд Трансвааля расположен между долиной р. Лимпопо и хр. Зоутпансберг и включает горную страну Барбертон с высотами свыше 900 м.

Нагорье Лимпопо находится в северной части Внутреннего плато и состоит из ряда разнородных площадей — Трансваальского Дракенберга, Ватерберга, плато Питерсбург и Зоутпансберг, часть которых покрыта лесами, а часть кустарником. Высоты изменяются от 900 до 1600 м. Реки, дренирующие Бушвельд и восточную часть Высокого и Низкого вельда, образуют на нагорье Лимпопо глубокие долины. Западная часть нагорья напоминает соседнюю Калахари.

Между Верхним Карру и Центральным плато Намибии лежит полупустыня Калахари, местами покрытая песками, а местами травянистой растительностью и мелким кустарником.

Глубокой долиной р. Оранжевой Калахари делится на две части — собственно Калахари и Бушменленд. Река Оранжевая в пределах пустыни не имеет притоков. Ниже впадения в нее «сухой» р. Хартсбест она образует водопад Ауграбис высотой 120 м, ниже которого река течет в глубоком ущелье. Количество выпадающих осадков 125—250 мм. Высота Калахари 600—900 м и за исключением северной стороны она окружена горами с высотами до 1500 м. Бóльшая часть ее покрыта песками, среди которых возвышаются холмы типа островных гор.

Бушменленд в основном представляет собой степь, покрытую валунами. Грунтовые воды залегают на сравнительно незначительной глубине.

Площадь областей, расположенных ниже обрыва, значительно меньше Внутреннего плато, но ее строение значительно сложнее. Она состоит из следующих частей: Большое Карру, область Капской складчатости и прибрежные области Капской провинции и Наталя.

В структурном отношении Южная Африка расположена на южной оконечности плиты Окаванго и почти целиком занимает плиту Карру-Калахари, ограниченную на западе Бушменлендским щитом, на севере Митумба-Дамарским поясом, на востоке Родезийско-Трансваальским щитом, а на юге складчатым Капским поясом (рис. 29, табл. 16). Плита Карру-Калахари сложена разнотипными образованиями, возраст которых от раннего до самого позднего докембрия. Нижние горизонты чехла представлены мощным нижне- среднедокембрийским комплексом отложений условно геосинклинального типа. Вначале плита Карру-Калахари занимала большую площадь, на что указывают

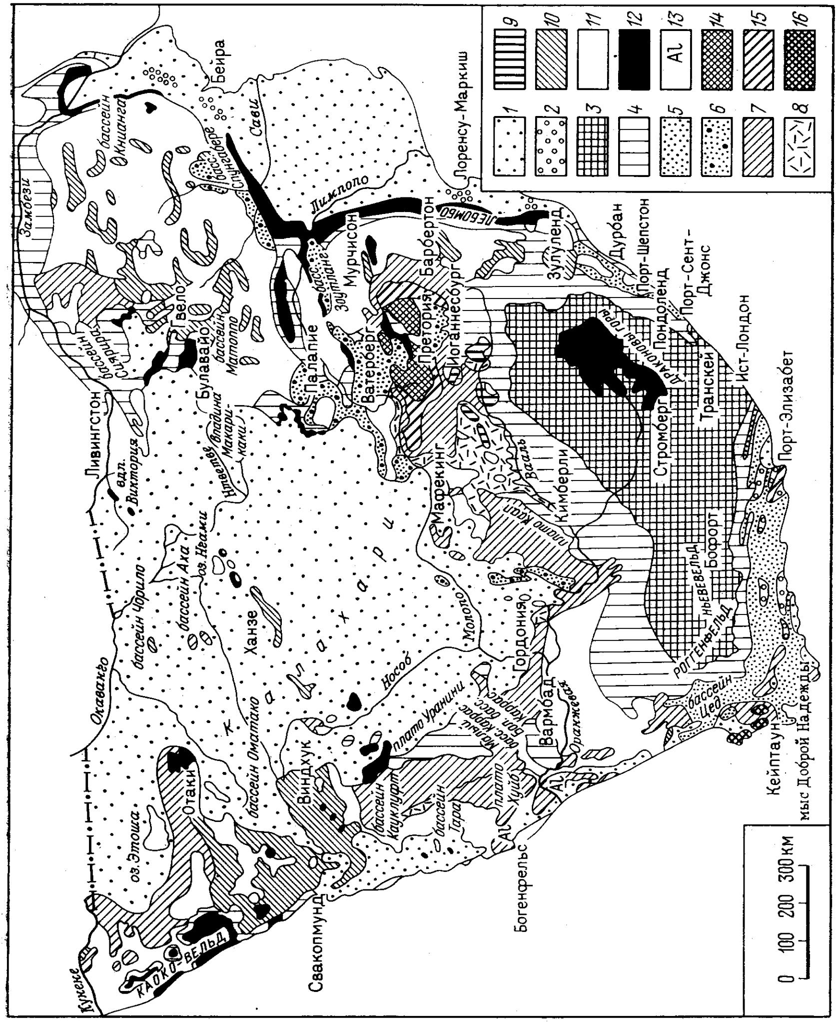

Рис. 29. Схематическая геологическая карта Южной Африки.

1 — континентальные и морские четвертичные и третичные отложения (формация Калахари); *2* — слои Уинтенхате и Умзамба (мел); *3* — серии Стромберг и Бофорт формации Карру (нижняя пермь — триас); *4* — серии Экка и Двайка формации Карру и формация Карру за пределами бассейна; *5* — Капская формация; *6* — формация Матсап — Ватерберг — Умкондо (палеозой). Верхнеальгонские отложения; *7* — серия Нама — Трансвааль—Ломагунди; *8* — серия Вентерсдорп; *9* — серия Витватерсранд. Нижнеальгонкские отложения: *10* — сланцы Зимбабве, Барбертон, Кейс, Комас, Архей: *11* — серия Свазиленд, домар (частично альгонк); *12* — вулканиты Стромберг (преимущественно базальты — долериты); *13* — молодые щелочные породы; *14* — красные граниты (бушвельдский комплекс); *15* — нориты (бушвельдский комплекс); *16* — молодые граниты (допалеозойские)

Таблица 16

Стратиграфия Южной Африки

Серия (возраст)	Свита	Состав	Местоположение
Свазиленд	Мудис	Базальные конгломераты, граувакки, кварцевые порфиры	Восточный Трансвааль
	Джаместаун и Опвервап	Тальк-роговообманковые и тальк-карбонатные сланцы, доломиты и серпентиниты	
	Кейс	Основные лавы, туфы, сланцы, кварциты, аркозовые песчаники и известняки	Капская провинция
	Крайпен	Ленточные магнетитовые кварциты, кристаллические сланцы, известняки, кислые и основные лавы. Мощность 3000 м	
Понгола	Нижняя Понгола (Инсуази)	Андезитовые лавы с прослойками кварцитов и филлитов	
	Верхняя Понгола	Кварциты Конгломераты с железняками и сланцами	
Древние кварц-биотитовые и ортоклаз-биотитовые граниты и гнейсы с большим количеством пегматитов			
Витватерсранд, докембрий: Нижний отдел	Доминион-Риф Госпиталь Хилл, Говернмент-Риф, Джеперстаун	Осадки мелководного моря — кварциты, конгломераты, песчаники, железняки и лавы. Мощность 4500 м	Южный Трансвааль и Оранжевая Республика
Витватерсранд, докембрий: Верхний отдел	Майн Бирд, Кимберли-Эльсбург	Кварциты, крупнозернистые песчаники, конгломераты, местами золотоносные и алмазоносные. Мощность 3000 м	Капская провинция

Серия (возраст)	Свита	Состав	Местоположение
Вентерсдорп	Зоетлиф	Кварцевые порфиры, амигдалоидные трахиты и андезиты, их туфы, сланцы, кварциты и известняки	Капская провинция
	Коип	Основные лавы, аркозы, железняки, известняки и роговики	
	Пинель	Основные лавы с прослоями кварцитов, крупнозернистых песчаников и конгломератов. Общая мощность серии Вентерсдорп 1500 м	
Трансвааль	Блек-Риф	Золотоносные кварциты, сланцы и конгломераты. Мощность 765 м	Трансвааль и Капская провинция
	Кампбелл-Ранд	Доломиты с прослойками роговиков и реже известняков. Мощность 2100 м	
	Претория	Брекчии, конгломераты и выше андезитовые лавы (лавы Онгелук). Мощность 3000 м	
	Грикватаун (аналог. Претории)	Нижний горизонт — яшмовидные железняки с прослойками кварцитов, сланцев, песчаников и др.	Западный Грикватаун
		Средний горизонт—андезитовые лавы Онгелук, их туфы и брекчии	
		Верхний горизонт — филлиты, кварциты, известняки, роговики и яшмы	Постмасбург
	Ройберг	Фельзиты, выше кварциты, красные сланцы, песчаники и конгломераты	Центральный Трансвааль
	Бушвельдский изверженный комплекс		

Серия (возраст)	Свита	Состав	Местоположение
Ватерберг (нижний палеозой)		Конгломераты и брекчии. Мощность 30—120 м. Грубозернистые песчаники и сланцы	Северный Трансвааль
Матсап — аналог Ватерберга		Кварциты, сланцы и песчаники с прослойками конгломератов с золотом	Капская провинция
Капская	Тэбл-Моунтайн	Восточная полоса—кварцитовидные песчаники Юго-западная полоса — аргиллиты с валунами и галькой (тиллиты). Мощность 1500 м.	Южная оконечность Африки
	Боккевельд (нижний девон)	Сланцы и аргиллиты с песчаниками. Мощность 750 м	
	Виттеберг	Кварциты, сланцы, слюдистые плитняки и графитовые сланцы. Мощность 750 м	
Карру	Двайка (верхний карбон)	Сланцы с прослойками песчаников и кварцитов, тиллиты. Мощность 1170 м	
	Экка (пермь)	Северная Экка — крупнозернистые пески с прослойками галечников, углями и огнеупорными глинами Южная Экка — сланцы, аргиллиты и песчаники	
	Бофорт (пермотриас)	Среднезернистые песчаники, аргиллиты	
	Стромберг	Слои Мольтено. Мощность 600 м. Песчаники с пластами углей «Красные слои» — красные аргиллиты, сланцы и песчаники. Мощность 480 м.	

Продолжение табл 16

Серия (возраст)	Свита	Состав	Местоположение
Карру	Стромберг	Песчаники Каве. Мощность 240 м. Тонкозернистые песчаники	Южная оконечность Африки
	Вулканические слои Дракенсберга — потоки базальтовых лав и андезитов Силлы и дайки долеритов Карру (юра)		
Мел		Базальные конгломераты. Мощность 150—300 м Глины с прослойками галечников. Мощность 300—750 м Пески, глинистые сланцы и песчанистые известняки (неоком). Мощность 300 м Песчаники, песчанистые сланцы с прослойками конгломератов (апт) Известняки с пропластками известковых глин (сенон)	

реликты чехла в районе Родезийского массива (системы Ломагунди, Умкондо, Фронтье и др.).

Континентальные верхнемеловые отложения известны лишь в Малом Намаквалене. В середине меловой эпохи возобновилась тектоническая деятельность, сказавшаяся в складчатости слоев Уинтенхате и в образовании сбросов в мульдах, возникших в результате проседания меловых отложений с амплитудой в сотни метров. Кимберлитовые трубки и дайки моложе вулканов Стромберга. Возраст этих трубок определяется пересечением ими в Гейдельберге нижнемеловых отложений.

Начиная с неокома, внутренние части Африки испытывают подъем. За этот отрезок времени подъем был медленным, а иногда совершенно прекращался. Это хорошо доказывается тем, что на западе (Намибия и Бушменленд) и на востоке (Танзания) на кимберлитовых трубках взрыва сохранились их жерловые части. В периоды относительного спокойствия происходило выравнивание страны с образованием ряда пенепленов.

С начала эоцена в Южной Африке существовал аридный климат, и блуждающие пески захватили не только Калахари,

но распространились и на западные части Зимбабве, Трансвааль и северные районы Капской провинции. Под влиянием аридного климата верхние горизонты третичных отложений обогащались известью, кремнеземом, а иногда окислами железа с образованием поверхностных известняков и латеритов. Латериты представляют собой сцементированные окислами железа щебни, пески и глины. К континентальным отложениям принадлежат галечники древней речной сети в широких аллювиальных равнинах, находящиеся на высоких отметках (в горах Цвартенберген на высоте 600—900 м). Морские третичные отложения встречены в ряде мест на юге Капской провинции и на побережье Индийского океана.

В конце плиоцена в связи с эпохой максимального оледенения и отступания моря образовался широкий континентальный шельф. После оледенения произошла трансгрессия, и уровень моря вернулся к первоначальному состоянию. Колебания уровня океана в четвертичный период сказались в образовании серии террас, располагающихся на различных высотах над уровнем океана.

Современные отложения представлены, с одной стороны, движущимися песками, а с другой — аллювиальными отложениями существующей речной сети, претерпевшей с плиоцена ряд существенных изменений в своем направлении. Возраст четвертичных отложений датируется рядом неолитических и палеолитических стоянок.

В Южной Африке известны как коренные, так и россыпные месторождения алмазов. Первые представлены алмазоносными кимберлитами, а вторые — различными типами россыпей. Алмазные месторождения открыты в Южно-Африканской Республике, Намибии, Ботсване, Лесото, Замбии, Зимбабве и др. (рис. 30).

Южно-Африканская Республика. В ее пределах алмазные месторождения найдены в Трансваале, Оранжевой республике и Капской провинции с Малым Намаквалендом (табл. 17).

Основная масса алмазов добывается в Капской провинции, меньшая в Трансваале и еще меньшая — в Оранжевой республике. На долю коренных месторождений приходится 87,7%, а на россыпи 12,3%.

Трансвааль. В его пределах имеется четыре группы кимберлитовых тел — Претория, Мессина, Габеронес, Свартрюггенс — и алмазные россыпи в районе Претории, Лихтенбурга, Вентерсдорпа и по р. Вааль.

Группа Претория расположена в районе одноименного города и состоит из трубок Премьер, Лаувбакен, Зондерватер, Пиенарспурт, Монрозе I и II, Шуллер Национаиль, Шуллер Каальфонтейн, раздува дайки Клейнзондерхоут и дайки Франкспурт. За исключением трубки Лаувбакен все трубки в той или иной степени алмазоносные.

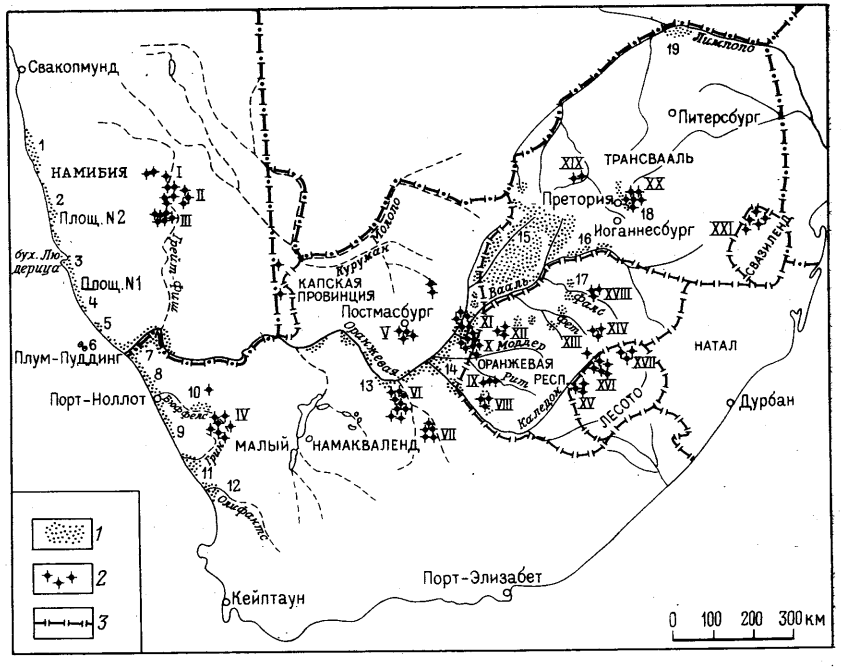

Рис. 30. Схема расположения кимберлитов и алмазных россыпей на территории Южной Африки.

1 — алмазные россыпи; *2* — кимберлиты; *3* — границы провинций.
Площади распространения кимберлитов: I — Гибеон, II — Мукороб, III — Берсеба, IV — Бушменленд, V — Постмасбург, VI — Приска и Западная Виктория, VII — Бритстаун, VIII — Ягерсфонтейн, IX — Коффифонтейн, X — Кимберлей, XI — Западный Баркли, XII — Бошоф, XIII — Монастери, XIV — Уинбург, XV — Западное Лесото, XVI — Центральное Лесото, XVII — Восточное Лесото, XVIII — Кронстад, XIX — Свартрюггенс, XX — Претория, XXI — Свазиленд.
Россыпи: 1 — залива Концепшен, 2 — залива Спенсер, 3 — бухты Людерица, 4 — Помона, 5 — Богенфельса, 6 — островов Плум-Пуддинг, 7 — нижнего течения р. Оранжевой, 8 — залива Александра, 9 — Клейнзее Аннекс, 10 — р. Бюффелс, 11 — р. Грин, 12 — р. Олифантс, 13 — района г. Приска, 14 — р. Вааль и устья р. Каледон, 15 — Лихтенбурга и Вентерсдорпа, 16 — верхнего течения р. Вааль, 17 — р. Фалс, 18 — района г. Претория, 19 — р. Лимпопо

Район Претории сложен диабазами, конгломератами Двайка, песчаниками и конгломератами Ватерберга, сиенитами, гранитами, фельзитами, кварцитами, сланцами и песчаниками свиты Претория.

Наиболее крупная и богатая трубка Премьер, расположенная в 33 км к северо-востоку от г. Претория [A comparative ..., 1974; Frick C., 1974 $_1$; Fesg H. W. e. a., 1975; Wagner P. A., 1912, 1971]. Она эллипсоидальной формы (914,4×457,2 м) и занимает площадь 31,57 га. На глубине 538 м ее размеры сокращаются до 820×330 м. Вмещающими породами на большей площади служат окварцованные фельзиты Бушвельдского комплекса и лишь на северо-востоке — нориты. Контакты их с кимберлитами от-

Таблица 17

Добыча алмазов в ЮАР за 1971 г.

Провинция	Коренные месторождения		Россыпные месторождения		Всего	
	Карат	% к общей добыче	Карат	% к общей добыче	Карат	% к общей добыче
Трансвааль	2 606 747	37,0	25 192	0,4	2 631 939	37,4
Оранжевая Республика	204 698	2,9	48	0,1	204 746	3,0
Капская провинция	3 354 355	47,8	840 229	11,8	4 194 584	59,6
Итого	6 165 800	87,7	865 469	12,3	7 031 269	100,0

четливые, лишь местами слабо брекчированные. В центральной части трубки находятся крупные глыбы песчаников, кварцитов и конгломератов системы Ватерберг, пересеченных жилами кимберлита и кальцита. Размеры наиболее крупного включения 200×500×350 м, книзу оно распалось на ряд более мелких глыб. До глубины 11 м трубка выполнена желтой землей, которая далее сменяется голубой. На глубине около 400 м трубка пересечена наклонным (16°) силлом габбро мощностью 75 м. На зальбандах имеются зоны закалки.

Всего известно 11 заполняющих трубку типов кимберлита, из них выделяются четыре главных (табл. 18). Наиболее древний и богатый коричневый кимберлит K_2 с плотной афанитовой основной массой, состоящей из серпентина и глины. Имеются мелкие ксенолиты основных пород Бушвельда, гранитов основания и сланцев и доломитов. Ксенолиты кварцитов Ватерберга отсутствуют. Во вкрапленниках преобладают измененный оливин и энстатит с небольшим количеством крупного ильменита. Коричневый кимберлит слагает юго-восточную часть трубки (рис. 31). Обогащенность его связана с небольшим количеством включений. Возраст его 1400 млн. лет [Bardet M. G., 1974].

Следующим по возрасту является наиболее распространенный серый кимберлит K_1. Он сильно брекчирован и содержит до 43% ксенолитов преимущественно кварцитов Ватерберга с небольшим количеством фельзитов Бушвельда и кимберлитов K_2 в богатой слюдой серпентиновой основной массе. Возраст этого кимберлита 1250 млн. лет.

Повышенное содержание SiO_2 в сером и коричневом кимберлитах обусловлено ассимиляцией кимберлитами кварцитов Ватерберга [Robinson D. N., 1975].

Следующий по возрасту черный кимберлит K_3 — массивный, с ильменитом и серпентинизированным оливином, с небольшим

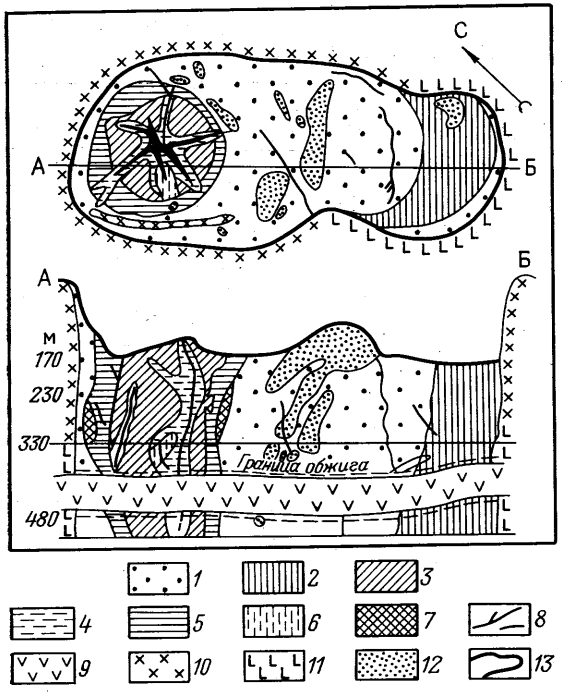

Рис. 31. План горизонта 330 м и разрез по линии А—Б трубки Премьер в Трансваале.

1—7 — кимберлиты: *1* — K_1 серый, *2* — K_2 коричневый, *3* — K_3 черный, *4* — $K_{3а}$ и $K_{3б}$ пестрые, *5* — K_4 зеленый, *6* — K_6 светло-серый, *7* — K_7 желтовато-коричневый; *8* — карбонатитовые дайки; *9* — силл габбро; *10* — фельзиты; *11* — нориты; *12* — кварциты Ватерберга; *13* — поверхность открытых работ в январе 1949 г.

количеством граната и хромдиопсида; встречается много ксенолитов родственных пород, подобных серому, но более мелких. Кимберлит слагает столб в западной части трубки и, контактируя с серым, образует полосы зеленого кимберлита K_4, возможно являющегося измененной разностью серого. Возраст черного кимберлита 1200 млн. лет.

Самыми последними внедрялись магнетит-серпентин-кальцитовые жилы среди серого и черного кимберлита. В сером кимберлите имеются почти вертикальные жилы мощностью до 1 м, состоящие на 55% из кальцита и на 10% из магнетита; они заключены в тонкую смесь слабо раскристаллизованного серпентина и гелеподобных окислов магния. Контакт с вмещающими кимберлитами резкий, у зальбандов порода становится более мелкозернистой. В полосе кимберлитов мощностью до 20 см образуется светлый кимберлит $K_{3а}$, в котором пироксены замещены тальком и тремолитом, а флогопит — биотитом.

В черном кимберлите магнетит-серпентин-карбонатная дайка располагается в центральной части кратероподобного столба в северо-западной части трубки. Дайка содержит меньше карбоната, чем в сером, а магнетита до 30%. В ней имеются следы кимберлитовых минералов. Контактовые изменения более интенсивные, мощностью до 5 м, переходы постепенные. Черный

Таблица 18

Химический состав кимберлитов трубки Премьер (в вес. %)

Типы пород	Число анализов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$FeO+Fe_2O_3$	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	CO_2	Сумма
Кимберлит K_2	7	44,67	1,70	4,46	8,64	0,14	22,42	6,63	0,85	1,37	0,28	4,89	3,01	0,53	99,59
Кимберлит K_1	4	48,46	1,76	4,12	8,52	0,15	23,04	4,46	0,57	0,74	0,18	4,52	2,21	0,83	99,56
Кимберлит K_3	4	39,59	2,10	2,88	9,31	0,15	27,60	6,84	0,33	1,64	0,23	7,81	0,52	0,36	99,36
Карбонатные жилы в K_1	1	16,90	0,93	0,73	10,51	0,24	16,60	26,40	0,1	0,02	1,36	5,13	0,28	19,23	98,43
То же в K_3	1	20,82	1,66	0,10	15,60	0,86	20,00	19,30	0,1	0,01	0,68	5,36	0,01	14,64	99,14

Таблица 19

Содержание отдельных элементов (в 10^{-6}%) в кимберлитах трубки Премьер

Тип кимберлита	Cr	Ni	Co	K	Sr	Ba	Rb	La	Ce	Cs	Th	Sm	U	Eu	Yb	Tb	Lu	Nd
K_2	890	870	72	10,880	401	507	104	38,0	59	3,2	7,1	4,8	1,5	1,25	1,10	0,41	0,24	<25
K_1	1060	950	73	6140	183	211	51	27,6	49	2,7	5,5	3,7	0,8	0,95	0,90	0,39	0,14	<25
K_3	1210	1170	86	13,610	492	1018	154	32,2	55	4,5	5,3	3,7	0,8	1,03	0,70	0,49	0,15	<25

кимберлит превращается в полностью серпентинизированную породу, почти лишенную кальцита. В 20 м от контакта наблюдаются серпентинизированный форстерит, флогопит и кальцит. Эти карбонатитовые дайки в ряде мест весьма напоминают основную массу некоторых кимберлитов. Дайки алмазов не содержат.

Во всех типах кимберлита имеются сегрегации различных вкрапленников — оливин-энстатитовые с диопсидом и без него, оливин-диопсид-пироповые, ильменит-энстатитовые, гранат-диопсидовые иногда с графитом и алмазами, чисто оливиновые, чисто энстатитовые, чисто ильменитовые и др. Из ксенолитов посторонних пород преобладают кварциты и конгломераты Ватерберга, фельзиты Бушвельда, доломиты Доломитовой свиты, кварциты, сланцы и диабазы свит Претория, граниты и сиениты основания. Встречены ксенолиты галенита из кварцитов Магалисберга. Все типы кимберлитов K_1, K_2 и K_3 секутся жилами кимберлита и кальцита.

Возраст кимберлитов группы Претория докембрийский, что доказывается, с одной стороны, присутствием в трубке Премьер ксенолитов кварцитов Ватерберг (1750±100 млн. лет) из нижней части этой системы, с другой — прорыванием трубки Премьер силлом габбро, принадлежащим к верхним горизонтам этой свиты (1115±15 млн. лет). По свинцовому методу возраст трубки определен 1420±70 млн. лет.

От K_1 к K_3 происходит некоторое увеличение содержания Cr, Ni, K, Sr, Ba и Rb (табл. 19).

Трубка Премьер содержит до 1000 разностей алмазов. Большинство алмазов представлено обломками коричневого цвета (табл. 20). Из ювелирных разностей ценятся чернильно-синие камни. Часто встречаются крупные камни размером более 100 каратов. Наиболее крупный камень Куллинан весил 3025,75 карата и представлял собой обломок более крупного кристалла. Размеры его 10×6,5×5 см.

С. Толанский [Tolansky S., 1968] указал на существование процессов графитизации алмазов, по-видимому, под влиянием регионального метаморфизма.

Таблица 20

Форма и цвет алмазов трубки Премьер (в %)

Класс крупности, мм	Форма				Цвет				
	октаэдр	додекаэдр	двойники	неопределенная	бесцветный	желтый	коричневый	зеленый	серый и черный
От +9 до —11	6	22	11	61	41	4	48	1	6
От +17 до —19	5	19	22	54	40	10	28	6	16

За время с 1903 по 1932 г. из трубки Премьер было добыто 29 194 796 каратов алмазов с содержанием 30 каратов на 100 т. В настоящее время из трубки Премьер ежегодно добывается 1,8—2,2 млн. каратов. В 1976 г. содержание было 27,88 карата на 100 т. Начаты эксплуатационные работы ниже силла габбро.

Кроме трубки Премьер в группе Претория некоторое время эксплуатировалась трубка Шуллер I (Национаиль) диаметром 70 м. Она прорывает кварциты системы Трансвааль и силл долерита посттрансваальского возраста. Она сложена тремя разновидностями кимберлита и двумя разновидностями кимберлитовых брекчий, отличающихся друг от друга размерами включений. Содержание алмазов в трубке находится на грани с промышленным, но небольшие размеры трубки затрудняют эксплуатацию. Алмазы на 90% представлены обломками по спайности. Присутствуют также уплощенные кристаллы зеленого цвета. Кроме того известны трубки Монрозе I и II (диаметр трубки Монрозе II 95 м), трубки Шуллер II — (Каальфонтейн) (150××90 м с 20-метровой мощной дайкой), дайка Франспурт, трубка Зондерватер, Малый Зондерхоут, представляющий раздув дайки, и др.

Кимберлитовые дайки района Рустенбург расположены в районе одноименного города, в 160 км от г. Претория. В районе установлено две свиты жил. На участке Свартрюггенс жилы северо-западного простирания с падением, близким к вертикальному. Жилы прорывают лавы Онгелук серии Претория. Параллельно ей расположена зона кварцевых жил мощностью 0,25—0,3 м, более древняя, чем первая [Towne B. W., 1965].

Жилы часто ветвятся и характеризуются весьма изменчивой мощностью от 0,02 до 2,1 м; с глубиной мощность жил обычно увеличивается. Некоторые жилы «слепые», не имеющие выхода на поверхность. Жилы выполнены кимберлитом, сложенным вкрапленниками оливина, флогопита и реже темно-красного пиропа и пикроильменита. Основная масса состоит почти исключительно из кальцита с пиритом, хлоритом и авгитом. Ксенолиты представлены мелкими обломками кварца, роговика и округлыми включениями лав Онгелука и сланцев. На контакте в лавах Онгелука имеются прожилки кальцита.

В указанной зоне кимберлитовых жил расположены рудники Ноутгедахт 405, Винкельхаак 280, Руствоорби 895, Коорнфонтейн 881 и др., названные по имени отводов, на которых они расположены.

Северные кимберлитовые жилы на отводе Ноутгедахт алмазоносны и эксплуатируются, а две южные на отводах Винкельхаак пустые. На отводе Ноутгедахт эксплуатируется участок жил длиной 5,25 км. Работы производятся на глубине 180 м, жилы разведаны до глубины 420 м, содержание алмазов 2,08 карата/т. С 1933 по 1955 г. было добыто 730 359 каратов, из них 85% технические камни. Наиболее крупный камень весил

511,25 карата. Возраст кимберлитов 147 млн. лет. В 1972 г. в районе Свартрюггенс было добыто 165 594 каратов алмазов. В окрестностях отвода Ноутгедахт имелась аллювиальная россыпь, из которой за семь лет было добыто 60 756 каратов. Россыпь полностью выработана. В 8 км от Свартрюггенса имеется свита кимберлитовых жил Маллин, прослеженных по простиранию на 2,7 км при мощности 0,3—0,9 м с содержанием 1,65 карата/т. Эти жилы разрабатываются рудниками Маллин и Хелам. Рудник Маллин дает преимущественно технические, а рудник Хелам ювелирные камни. На руднике Хелам работы ведутся на глубине 330 м. Содержание алмазов около 3 каратов/т. В 1959 г. на руднике Маллин было добыто 108 323 каратов алмазов.

Кроме указанных кимберлитов в Трансваале известны и другие группы трубок. Группа Мессина расположена к северо-востоку от Претории. В 16 км от г. Мессина известна кимберлитовая трубка, залегающая среди гранитов и гнейсов. Трубка некоторое время эксплуатировалась на алмазы [Crockett R. N., Mason R., 1968].

Группа Габеронес находится к юго-западу от группы Мессина, в бассейне р. Лимпопо. Известны три кимберлитовые трубки — Виткоп, Габеронес и Мочуди, приуроченные к зонам разломов северо-восточного простирания. Трубки Виткоп и Габеронес практически неалмазоносные, трубка Мочуди разведывается.

В пределах Трансвааля россыпные алмазы найдены в конгломератах системы Витватерсранд, в районах Лихтенбург и Вентерсдорф вблизи Претории, в бассейне р. Вааль и ее притоков, в бассейне р. Лимпопо и в окрестностях трубки Премьер.

Наиболее древними россыпями являются россыпи в конгломератах Витватерсранда, которые широко распространены к юго-западу от Претории и приурочены к крупному прогибу (250×160 км) северо-восточного простирания. Алмазоносны и золотоносны конгломераты верхнего отдела системы Витватерсранд (2700—2300 млн. лет). Они залегают на сильно метаморфизованных породах систем Свазиленд, нижнего отдела системы Витватерсранд и Доминион Риф. Мощность верхнего отдела системы Витватерсранд 2700 м. Он сложен кварцитами с многочисленными прослоями внутриформационных конгломератов («рифов»), мощность которых изменяется от 10—15 см до 3 м. Эти прослои довольно однородные, за исключением редких тиллитоподобных пропластков. Галька конгломератов размером 2—5 см представлена кварцем, кварцитом, кремнями и реже кварцевыми порфирами, турмалинизированными породами и зелеными сланцами. Цемент кварцево-песчаный. Из второстепенных минералов в концентратах присутствуют алмаз, хромит, осмистый иридий, циркон, ильменит, редко корунд и гранат. Аутигенные минералы представлены кварцем, хлоритом, серицитом, кальцитом, доломитом, рутилом, турмалином, а также сульфидами — пиритом, пирротином, марказитом, сфалеритом, галенитом, углистым материалом и урановыми минералами.

Хорошая сортированность и выдержанность отдельных горизонтов конгломератов говорит о прибрежно-морском или дельтовом их генезисе. На некоторых горизонтах обнаружены остатки древних русел, максимальная золотоносность приурочена, по-видимому, к руслам и дельтам крупных палеорек. Увеличение содержания золота в конгломератах обычно связано с увеличением крупности материала. Золотоносность приурочена к струям шириной 15—300 м и протяженностью до 1,5 км. Коренные источники золота и алмазов неизвестны. Алмазы найдены в шести золотых рудниках (Дю-Тойт А. Л., 1957) в северной части Восточного Ранда и особенно на руднике Моддерфонтейн В, к востоку от Иоганнесбурга, и в Гольдистейтс-Рифе к северу от г. Клерксдорпа. Попутно с добычей золота найдено несколько сотен камней, наиболее крупный весил 8 каратов. Средняя величина алмазов около одного карата. Большинство камней представлено округлыми октаэдрами и ромбододекаэдрами. Алмазы из конгломератов Витватерсранда обычно окрашены в желто-зеленый и зеленый цвет, реже встречаются алмазы молочного цвета. Зеленая окраска поверхностная и исчезает при огранке [Real F. A., 1969].

Более молодыми являются россыпи Юго-Западного Трансвааля, расположенные в окрестностях городов Лихтенбург и Вентерсдорп, отстоящих соответственно на 205 и 135 км от Иоганнесбурга. Россыпи занимают площадь 4000 км² на равнине, протягивающейся от г. Клерксдорпа до границы с Ботсваной на расстояние свыше 200 км. На равнине существуют многочисленные депрессии карстового происхождения глубиной до 15 м и более.

Алмазные россыпи расположены преимущественно на размытой поверхности доломитов и роговиков свиты Кампбелл-Ранд, сложенной тонкозернистыми голубовато-серыми доломитами с небольшим количеством сланцев, известняков и поверхностных роговиков. В районе Лихтенбурга древние алмазоносные галечники прослежены в северо-западном направлении вплоть до водораздела, а отдельные пятна аналогичных галечников встречены и по другую сторону водораздела; вероятно, древний водораздел был много севернее современного.

Наиболее древние галечники представляют собой образования древних «сухих» рек аридного климата. Установлено несколько узких полос галечников «сухих» рек, прослеженных на многие километры. Одна из подобных полос протягивается от отвода Дипхолте в юго-западном направлении до границы с Ботсваной на расстояние 48 км при ширине 100—180 м; имеет ряд ответвлений (притоков). Другая полоса россыпей прослежена на 30 км при ширине 90—140 м. Древние реки обладали уклоном 0,6—0,7 м на 1 км. Галька россыпей представлена

кремнистыми сланцами, кварцитами, кварцем, агатом и другими устойчивыми породами размером от нескольких сантиметров до 0,7 м. Наряду с окатанной встречается и угловатая галька. Мощность галечников 10 м; верхние горизонты их сильно выветрелые.

В ряде мест доломиты выветрелы более интенсивно, чем расположенные на них галечники, и в настоящее время они занимают повышенные участки рельефа. Стекающие с них воды образовывали ложковые россыпи, развитые в Грасфонтейне и Вельвердиенте, а также обусловливали возникновение на их склонах карстовых пустот и депрессий глубиной до 25—40 м, которые постепенно заполнялись перемытыми галечниками «сухих» рек (карстовые воронки Треасуре-Трове, Эландспутте и др.). Так, в воронке Руигте-Лаагте за 3,5 года было добыто 321 000 каратов алмазов. Карстовые воронки заполнялись в несколько приемов, поэтому возникало несколько горизонтов алмазоносных галечников мощностью до 10 м.

Местами полосы галечников целиком размыты и на поверхности сохранился лишь остаточный слой мощностью до 0,9 м, местами имевший промышленное содержание алмазов, между тем как галечники «сухих» рек характеризовались бедным и неравномерным распределением алмазов и редко разрабатывались. В настоящее время большинство россыпей Лихтенбурга и Вентерсдорпа выработано, производится лишь выемка оставшихся целиков и промывка старых отвалов. Ежегодная добыча не превышает 20—30 тыс. каратов алмазов. Часть алмазов Лихтенбурга и Вентерсдорпа происходит из конгломератов Витватерсранда и древних докембрийских кимберлитов типа трубки Премьер. По данным Л. Т. Неля, в районе Вентерсдорпа найдена алмазоносная кимберлитовая трубка размером 110×27 см, которая прорывает слои Витватерсранда и пластовую залежь долерита. Она эксплуатировалась до глубины 25—50 м.

Качество алмазов Лихтенбурга и Вентерсдорпа зависит от того, из какой древней реки они происходят — северная река дает алмазы более высокого качества, чем южная. Алмазы Лихтенбурга не похожи на алмазы из других районов Южной Африки. Цвет их беловато-синий, иногда встречаются пятнистые, желтые, зеленые и бурые камни. Поверхность их шероховатая; следы износа слабые. Характерно большое количество обломков. Самые крупные алмазы весили 94 и 101,25 карата.

Современные алмазные россыпи известны по некоторым мелким притокам рек Пиенарс и Эландс в районе Претории. Мощность россыпей до 3 м. Встречались алмазы весом до 17 каратов, источник их — алмазоносные трубки группы Претория. В Трансваале в северной части района Зоутпансберг, в 40 км южнее Родес Дрифт, известны пятна алмазоносных галечников на высоте 60 м над р. Лимпопо. Нижние части галечников иногда сцементированы известью.

Рис. 32. Схематический план расположения алмазных россыпей в бассейне рек Вааль и Хартс. По *Куку*

Широко распространены россыпи в бассейне р. Вааль (приток р. Оранжевой), протягивающиеся широкой полосой почти на 500 км от г. Клерксдорпа до г. Приска в устье р. Вааль (рис. 32). В верховьях р. Вааль по р. Шоон Спруит, начиная от г. Клерксдорпа и вплоть до впадения ее в р. Вааль, имеются пятна алмазоносных галечников. Мощность их 0,6—2,4 м и они перекрыты красными песками мощностью 0,15—0,9 м. Распределение алмазов в россыпях неравномерное. В районе г. Блумхофа галечники почти непрерывной полосой протягиваются до г. Швейцер-Ренеке на р. Хартс. По р. Вааль разрабатывались русловые и террасовые россыпи. Мощность террасовых россыпей 0,1—0,9 м, обычно они перекрыты красными песками. Наиболее богатые россыпи мощностью 0,6 м были встречены на отводах Цвартлаагте, Мойфонтейк и Лондон. Ниже г. Блумхоф древнее русло р. Вааль располагается в 30—35 км к северо-западу от современного на высоте 120—130 м.

В районе г. Кристиана алмазоносные галечники приурочены к понижениям русла р. Вааль на отводах Бриесжеслаагте, Калькфонтейн и Диамант.

В районе Винсортона по обеим берегам р. Вааль, на расстоянии нескольких километров от нее, имеются хорошо выраженные террасы высотой до 18 м. На этих террасах распространены два типа галечников — поверхностные и погребенные — мощностью до 15 м, приуроченные к древнему руслу р. Вааль.

В районе г. Холсдам высокие галечники расположены на поверхности диабазового хребта и прослеживаются к югу в пре-

делы большой петли р. Вааль, известной под именем «бенд». Ниже ее р. Вааль прорывает диабазовый хребет и россыпи отсутствуют. При выходе реки из ущелья вдоль древнего русла р. Вааль имеется понижение глубиной 31—32 м ниже поверхности террасы, на которой это понижение расположено. Это понижение выполнено крупнозернистым глинистым аллювием. Алмазы распространены по всему разрезу, особо богатые встречены на дне понижения, известного под названием работ Гонг-Гонг. Оно связано узким каналом с соседними участками, где также известны богатые алмазами понижения.

Ниже участка Вальдека вплоть до Дельпорта имеются хорошо выраженные террасы с алмазоносными галечниками на отводах Фан, Моциб, Дроговельд и др. Наиболее богат алмазами отвод Дроговельд, где имеется канал длиной 3 км, шириной 1,8—12 м и глубиной до 10,5 м с рядом понижений, заполненных несколькими алмазоносными слоями. Галечники перекрыты мощными пустыми наносами. В северо-восточном направлении канал Дроговельд продолжается в ущелье Коквис, а на юго-западе — на отвод Клипфонтейн, где также имеются древние алмазоносные галечники.

Алмазоносен и приток р. Вааль р. Хартс, особенно в верхнем течении. Отдельные находки алмазов известны по рч. Вальш и Фет — притоком верхнего течения р. Вааль. Промышленные россыпи отсутствуют.

Среди алмазов бассейна р. Вааль различают камни с Верхней реки (от верховьев до г. Блумхофа) и алмазы Нижней (от Блумхофа до Западного Баркли). Камни с Нижней реки более крупные и лучшего качества. Алмазов меньше одного карата мало. Цвет алмазов изменяется от голубоватого до ярко-желтого. Камни имеют яркие следы износа (серповидные трещины, сколы и др.). Камни с Верхней реки более мелкие, крупных камней мало, часты двойники. Качество алмазов более низкое, чистых камней мало. Следы износа слабые. По р. Вааль известны следующие находки крупных камней: в 1921 г. в Гонг-Гонге был найден алмаз размером 381, в Гуд-Хопе алмазы 282 и 205 каратов, в Клипдаме — 220 каратов и др.

Алмазы Хоптауна по качеству выше алмазов с Нижней реки. Преобладают камни размером не ниже 2 каратов, мелкие камни отсутствуют. Камни чистые, особого голубого цвета, реже встречаются желтые и коричневые. Форма камней неправильная, несколько уплощенная. Камни со следами износа встречаются редко.

В 1938 г. в россыпи Эландсфонтейн в 32 км севернее Претории и в 3 км от трубки Премьер были найдены алмазы ювелирного качества размером 226,5; 500 и 726 каратов. Алмазу в 726 каратов было присвоено собственное имя Джонкер. Содержание алмазов в россыпях р. Вааль изменяется в весьма широких пределах — от нескольких сотен каратов на 1 м^3 до ми-

нимально промышленного 0,2 карата/м^3 в ныне разрабатываемых.

Оранжевая Республика. В ее пределах имеются лишь коренные месторождения, все россыпи почти целиком выработаны. Известно несколько групп кимберлитовых тел.

Группа кимберлитовых тел Ягерсфонтейн расположена в районе одноименного города, находящегося в 120 км на юго-восток от Кимберли. Имеется 16 кимберлитовых трубок и даек, из которых наиболее крупной является трубка Ягерсфонтейн. Она имеет форму неправильного овала (425×300 м) и занимает площадь 11,1 га. Трубка прорывает горизонтально лежащие породы серий Экка и Бофорт и мощный силл долерита и расположена на пересечении двух разломов. На глубине 400 м размеры трубки сильно уменьшились, и на этом горизонте она занимает площадь 4,5 га. На глубине 770 м она перешла в дайку мощностью 70—80 м. Трубка сложена несколькими разновидностями кимберлита, местами порода имеет вид туфа, переполненного обломками долерита, красных сланцев и аргиллитов. На глубине 153 м от поверхности встречена ветвящаяся жила кимберлита. В трубке находится ряд непересекающихся даек, не выходящих за ее пределы, сильно карбонатизированных пород, сохраняющих структуру кимберлита. Они сложены двумя генерациями оливина, листочками флогопита, мелкими ромбоидрами ильменита с перовскитовыми каймами. Основная масса состоит из мелких зерен апатита и кальцита. Химический состав даек следующий (среднее из трех анализов, в вес. %):

SiO_2	11,45	Na_2O	0,28
TiO_2	1,47	K_2O	0,94
Al_2O_3	4,11	P_2O_5	1,75
Cr_2O_3	0,10	H_2O^-	0,18
Fe_2O_3	3,68	H_2O^+	1,31
FeO	1,58	CO_2	26,70
MnO	0,18	Cl	0,40
MgO	7,01	S	0,14
CaO	39,29	Сумма	100,57

Родственные включения представлены эклогитом. На глубине 405 м была обнаружена так называемая «серая земля» — бедный алмазами кимберлит, переполненный ксенолитами серых и красных сланцев и аргиллитов. Количество ксенолитов убывает в западном направлении, где «серая земля» переходит в светло-серый кимберлит.

Качество алмазов трубки Ягерсфонтейн высокое, часты крупные камни. В ней были найдены алмаз Эксцельсиор 971,5 карата — обломок более крупного кристалла, Юбилейный размером

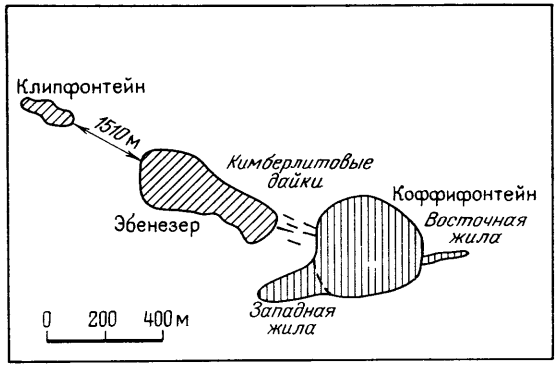

Рис 33 План расположения кимберлитовых тел в районе г Коффифонтейн

650,8, Юлиус Пан 241,5 карат и др. В 1968 г. на нижнем горизонте был найден алмаз в 205,75 карата. Для Ягерсфонтейна характерны голубовато-белые камни, часто черепитчатого строения, иногда с фигурами роста на гранях, реже встречаются красноватые и синеватые кристаллы; желтые камни встречаются редко. Около 10% камней представлено двойниками, а 50% обломками. Встречаются сростки мелких алмазов размером до 2,5 см. До 1913 г. содержание алмазов было 0,12—0,15 карата/т, а к моменту закрытия оно упало до 0,06 карата/т. За все время эксплуатации до закрытия работ из трубки было добыто 9 731 185 каратов.

Кроме трубки Ягерсфонтейн в районе известны дайки Копьесфонтейн 215, Буффельсхоутфонтейн и др. Содержание алмазов в них низкое.

Группа кимберлитовых тел Коффифонтейн расположена в окрестностях одноименного города, в 90 км к юго-востоку от Кимберли. Между Коффифонтейном и Кимберли известно 16 трубок и даек кимберлита. Главные трубки Коффифонтейн, Эбенезер и Клипфонтейн приурочены к разлому северо-западного простирания (табл. 21; рис. 33); на глубине они возможно соединяются.

Трубка Коффифонтейн имеет округлые очертания с диаметром около 365 м и занимает площадь 12,1 га. Она представляет собой или раздув дайки, или возникла на пересечении нескольких зон разлома, на что указывает существование двух апофиз, выклинивающихся по мере удаления от трубки. Трубка прорывает пологопадающие сланцы Карру мощностью 320 м с многочисленными согласными и секущими силлами долерита мощностью 30—40 м. По соседству с трубкой имеется большое количество маломощных жил кимберлита, протягивающихся в сторону трубки Эбенезер.

Слагающий трубку Коффифонтейн кимберлит мягкий, голубовато-серый, с большим количеством ксенолитов сланцев Карру, долеритов и гранито-гнейсов основания, а также более древнего кимберлита (табл. 22). Кимберлит западной части трубки несколько отличается от кимберлита центральной части. Родственные включения редки. В трубке находится дайка мелкозернистого кимберлита с крупными вкрапленниками оливина двух генераций в основной массе, состоящей из мелких чешуек флогопита, магнетита, перовскита, кальцита и др.

Свыше 38,6% алмазов весят более одного карата. Из кристаллических форм чаще встречаются додекаэдры. По качеству алмазы Коффифонтейна напоминают алмазы Ягерсфонтейна, но в них реже встречаются дефекты (пятна и подтеки). Ювелирные камни составляют 52%.

Трубка разрабатывалась до 1932 г. и вновь была восстановлена лишь в 1971 г. За все время эксплуатации было добыто 3,1 млн. карат. В 1976 г. было добыто 354 044 карата с содержанием 9,68 карат/100 т., а в 1977 г. 409 789 каратов. Работы ведутся на горизонтах 488 и 588 м. Наиболее крупный камень весил 136 каратов.

Трубка Эбенезер расположена к северо-западу от трубки Коффифонтейн. Площадь ее 9,5 га. Содержание алмазов в трубке низкое и она эксплуатировалась лишь в годы высоких цен на алмазы.

Трубка Клипфонтейн представляет собой раздув дайки. Максимальные ее размеры 185×65 м, площадь 3,6 га. На глубине 240 м она переходит в дайку. Она сложена двумя разностями кимберлита. Содержание алмазов низкое, но качество хорошее. В 1953 г. было произведено дополнительное опробование, давшее отрицательные результаты.

Группа кимберлитовых тел Бошоф расположена в 90 км северо-восточнее Кимберли. Известно восемь трубок,

Таблица 21

Химический состав кимберлитов Оранжевой Республики (в вес. %)

Название трубки	Число анализов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$\Sigma FeO + Fe_2O_3$	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	CO_2	Сумма
Коффифонтейн	10	40,67	0,90	5,56	7,60	0,13	23,73	3,69	0,29	0,69	0,34	7,92	6,81	0,90	99,23
Эбенезер Вост.	5	33,13	0,87	4,81	6,44	0,10	15,64	14,13	0,24	0,59	0,51	6,89	6,85	9,22	99,04
Эбенезер Зап.	5	34,42	0,78	6,61	5,21	0,08	10,87	15,83	0,41	2,09	0,30	5,30	5,35	11,79	99,42

Таблица 22

Форма и цвет алмазов трубки Коффифонтейн (в %)

Класс крупности, мм	Форма				Цвет				
	октаэдры	додекаэдры	двойники	неопределенная	бесцветные	желтые	коричневые	зеленые	серо-черные
От +9 до —11	6	28	8	58	66	9	13	—	12
От +17 до —19	16	21	13	50	78	8	4	—	10

три раздува и две дайки. Из них в то или иное время разрабатывались трубки Робертс Виктор, Ньюлендс и Блаувбош.

Трубка Робертс Виктор представляет собой два кимберлитовых тела, соединенных рядом кимберлитовых жил. Восточное тело овальной формы, западное неправильно удлиненное, переходящее в дайку мощностью 2 м. Установлены две разновидности кимберлитов, обе дают большое количество борта и обломков по спайности. Много мелких октаэдров со скульптированными гранями. Рудник работал с 1906 по 1914 г. и дал 596 245 каратов с содержанием 36,5 карата/100 т. Работы были прекращены на глубине 120 м, где размеры трубки резко сократились и уменьшилось содержание алмазов. В мае 1963 г. работы были возобновлены и производились на глубине 145 м. Содержание алмазов 16 каратов/100 т. Более подробные данные отсутствуют.

Дайка Ньюлендс имеет северо-восточное простирание, мощность 0,3—2,5 м и прослежена по простиранию на 1 км. В ее пределах имеется пять раздувов размером 15—40 м. Кимберлит дайки и раздувов слюдяной. Родственные включения встречаются часто. Во включениях эклогита встречены алмазы. Содержание в дайке и раздувах 0,2—0,3 карата/т. Среди алмазов преобладают мелкие октаэдры хорошего качества. В 1912—1913 г. ежегодно добывалось 20—25 тыс. каратов с содержанием около 14 каратов/100 т. Работы были прекращены на глубине 140 м вследствие особой твердости кимберлита и малой мощности дайки.

Трубка Блаувбош снята с консервации, проходится шахта на глубину 113 м. Содержание алмазов 24 карата/100 т. Алмазы — крупные октаэдры с округлыми гранями и коричневые додекаэдры.

Кимберлитовые жилы в районе г. Уинбурга расположены в верхнем течении рек Фет и Санд. Известно 15 даек, сосредоточенных на двух участках. Один из них расположен в районе г. Уинбурга вблизи ж.-д. ст. Теннесен на линии Кронстад — Блумфонтейн. Известен ряд кимберлитовых жил широтного

простирания, прослеженных по простиранию на 16 км. Жилы располагаются кулисообразно по отношению друг к другу и имеют вертикальное падение. Мощность главной жилы около 1 м. На этом участке располагаются рудники Бирн, Феникс, Ферон, Стар, Дриехоп, Лайон-Хилл, Монтелео и др.

Рудник Феникс начал разрабатываться с 1927 г. За пять лет работы он дал 32 000 каратов алмазов с содержанием 0,10—0,13 карата/т, алмазы крупные. Предполагается восстановление рудника.

Рудник Лайон-Хилл разрабатывал раздув дайки мощностью 1—3 м. Мощность раздува 20 м, на глубине 21 м он перешел в серию тонких жил. Кимберлит сложен крупными вкрапленниками оливина и изогнутыми вкрапленниками флогопита. Основная масса состоит из листочков слюды, иногда обрастающей вкрапленники оливина, большого количества перовскита, кальцита и магнетита. Она сильно серпентинизирована.

Состав кимберлита дайки Лайон-Хилл следующий (в вес. %, среднее из двух анализов):

SiO_2	33,6	Na_2O	0,24
TiO_2	1,53	K_2O	3,46
Al_2O_3	3,42	P_2O_5	1,08
Fe_2O_3	6,28	H_2O^-	0,40
FeO	3,25	H_2O^+	6,64
MgO	27,83	CO_2	5,34
CaO	7,58	Сумма	100,65

В настоящее время работы производятся лишь на руднике Стар, разрабатывающего участок жил протяженностью 1,83 км с мощностью жил 1 м. Эксплуатируется горизонт 300 м с содержанием алмазов 0,45 карата/т. Средний размер камней 0,4 карата. Качество алмазов высокое. В 1960 г. было добыто 36 820 каратов.

Второй участок располагается к югу от первого. Разрабатываются четыре небольших, неправильно удлиненной формы раздува. Данных об их алмазоносности нет.

Трубка Монастери расположена вблизи границы с Лесото на высоте 1600 м [Dawson J. B., 1970; Dawson J. B., Reid A. M., 1970; и др.]. Она имеет неправильную форму (180×70 м) и на восточном конце переходит в дайку, прослеженную более чем на 1,5 км. Трубка выполнена несколькими разновидностями кимберлита. Основную массу слагает кимберлит «кверри», сложенный округлыми вкрапленниками оливина (до 30%), бесцветной слюдой, окруженной флогопитом, пиропом и обильным ильменитом размером до 3 см и др. Основная масса преимущественно карбонатная, с перовскитом и ильменитом. Химический состав кимберлита следующий (в вес. %):

SiO_2	27,98	Na_2O	0,64
TiO_2	4,22	K_2O	1,78
Al_2O_3	2,64	H_2O^-	0,40
Cr_2O_3	0,14	H_2O^+	7,33
MgO	26,17	CO_2	5,83
Fe_2O_3	8,15	P_2O_5	0,94
FeO	4,25	Sr	0,09
MnO	0,18	Сумма	99,90
CaO	9,16		

Кроме кимберлита «кверри» в южной части имеется брекчиевый, в центральной — мелкозернистый и др. (рис. 34). Отличительной особенностью кимберлитов трубки Монастери является присутствие в них сростков диопсида и ильменита и включений циркона. Из родственных включений в них встречались флогопитсодержащий гарцбургит, иногда с гранатом, оливин-хромдиопсидовая порода с энстатитом и флогопитом, гранатовый пироксенит с оливином и без него. Почти все разновидности кимберлитов трубки Монастери алмазоносны. Наиболее богат алмазами кимберлит «кверри», в котором содержание их доходит до 0,5 карата/т. Для него характерны серебристо-серые округлые алмазные агрегаты неопределенной формы. Встречен ряд камней массой более 100 каратов. Трубка начала разрабатываться более 100 лет назад с целью добычи выветрелого ильменита, употребляемого туземцами для косметики. Предполагается возобновление работ [Nixon P. H., 1973_1].

Группа кимберлитовых тел Кронстад находится в бассейне р. Валс в районе г. Кронстада и состоит из восьми трубок и даек кимберлита. Наиболее крупные трубки Кроун и Форспед.

Трубка Кроун размером около 200×300 м выполнена кимберлитовой брекчией с большим количеством ксенолитов. Содержание алмазов невысокое — 0,1—0,14 карата/т. Преобладают удлиненные октаэдры с плоскими гранями зеленоватого цвета иногда черепитчатого строения. Трубка разрабатывалась с 1910 по 1932 г. с ежегодной добычей около 100 000 каратов.

Трубка Форспед представляет собой раздув на дайке широтного простирания мощностью 1,2 м, прослеженной на 6,4 км. Значительная часть трубки расположена в некке амигдалоидного базальта. Кимберлит мелкозернистый, слюдистый, с небольшим количеством граната. Преобладают мелкие додекаэдры, окрашенные, низкого качества, отличающиеся особой твердостью, затрудняющей их обработку. Рудник эксплуатировался с 1907 по 1911 г. и дал 897 814 каратов с содержанием 0,21 карата/т. В 1965—1966 гг. была попытка снять его с консервации, но опробование дало отрицательные результаты.

Остальные трубки и дайки группы (Бестерскрааль 216, Нормандиент 682 и др.) слабо изучены и не эксплуатировались.

Кроме того, на территории Оранжевой Республики известен силл Бенфонтейн, расположенный в 8 км юго-восточнее г. Кимберли в районе Босхоф. Силл этот сложный, и образован тремя силлами — верхним, средним и нижним, залегающими в сланцах Двайка и перекрытых долеритами. Каждый силл представляет собой результат многократного внедрения отдельных порций кимберлита, которые при остывании в результате магматической отсадки придавали силлам слоистое строение. Сланцы на контакте с силлом ороговикованы и пронизаны прожилками кальцита. Мощность верхнего силла 0,5—3—6 м, среднего 1,5—2 м и нижнего до 0,8 м. Слои горизонтальные или линзовидные, состоят из темных и светлых тонкозернистых полос, сложенных магнетитом, перовскитом с мелкими зернами кальцита и иногда апатита, переслаивающихся со слоями, богатыми оливином, где оливиновые кристаллы заключены в кальцитовой массе. Транспортирующим был расплав карбонатитового состава, сильно обогащенный флюидами. Содержание алмазов в силле низкое и он не содержит родственных включений.

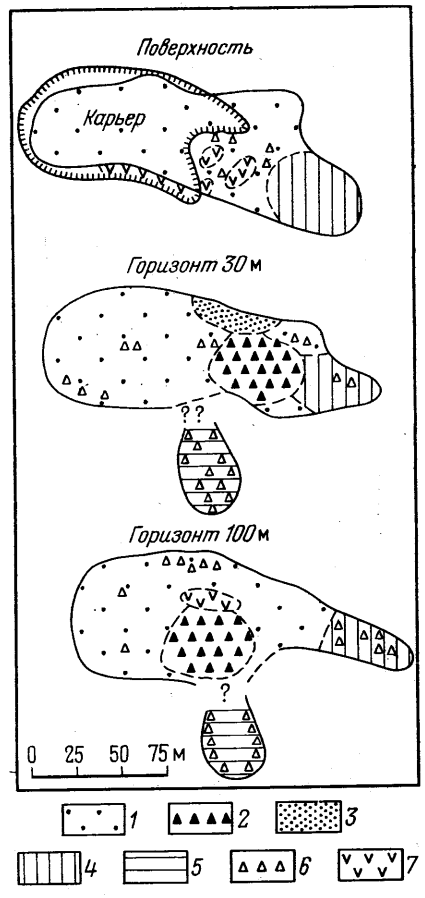

Рис. 34. Разрезы трубки Монастери. По *П. Никсону* [1973_1].

1 — кимберлиты типа «кверри»; *2* — кимберлитовая брекчия; *3* — мелкозернистый кимберлит; *4* — кимберлит восточной оконечности трубки; *5* — кимберлит юго-западной трубки; *6* — брекчиевидный кимберлит; *7* — долерит

Капская провинция наиболее богата алмазами. Разрабатываются как коренные, так и россыпные месторождения. Выделяется несколько групп кимберлитов: Кимберлеевская, Западного Баркли, Постмасбурга и др. Россыпные месторождения расположены в нижнем течении р. Оранжевой и на побережье Малого Намаквленда.

Кимберлеевская группа кимберлитовых тел расположена в радиусе 3—4 км вокруг г. Кимберли. К ней принадлежат трубки Кимберлей, Де-Бирс, Бултфонтейн, Дютойтспен, Вессельтон

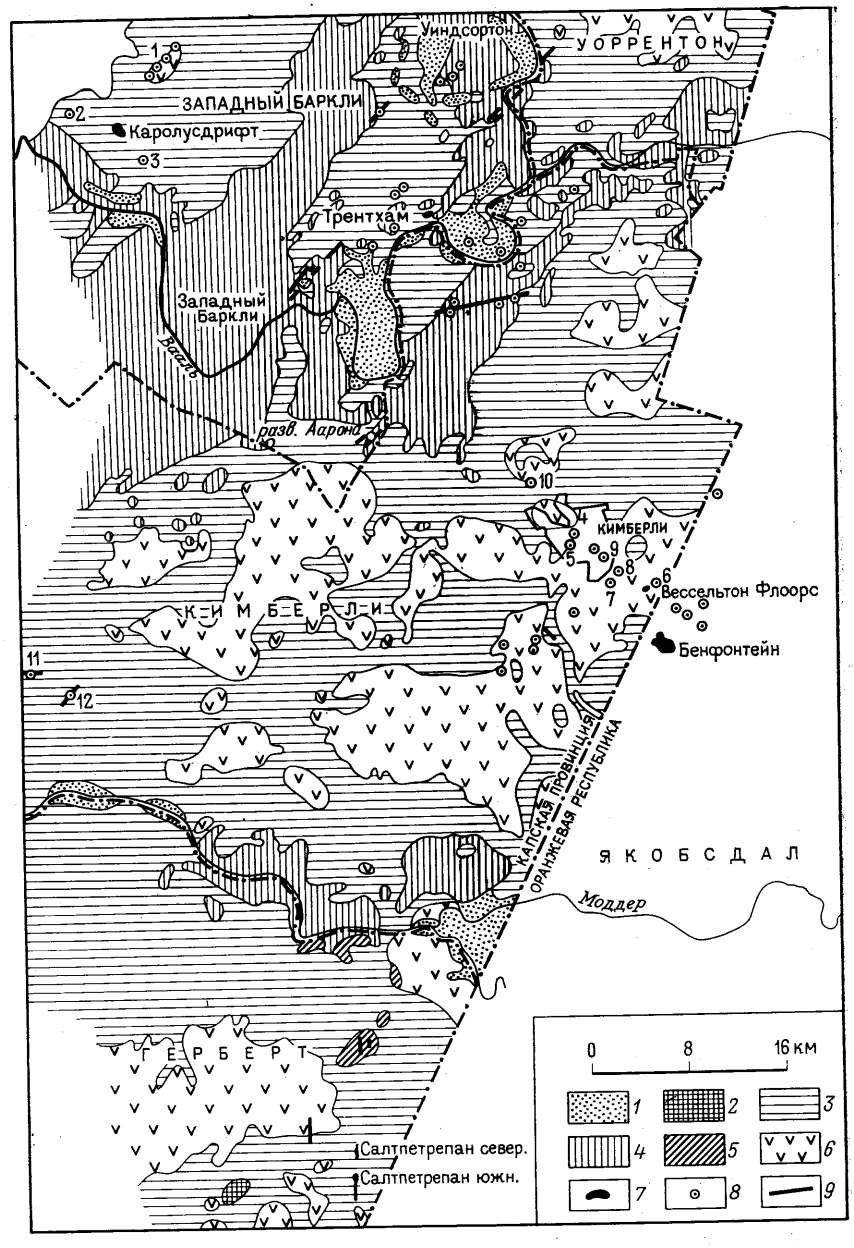

Рис. 35. Схематическая геологическая карта среднего течения р. Вааль и района г. Кимберли.

1 — аллювий; *2* — серия Экка; *3* — серия Двайка; *4* — серия Пниель; *5* — серия Зоетлиф; *6* — долериты; *7—9* — кимберлитовые тела: *7* — силлы, *8* — трубки, *9* — дайки. Кимберлиты: 1 — Нью-Лендс, 2 — Дейпортсхооп, 3 — Лонглендс, 4 — Кимберлей, 5 — Св. Августина, 6 — Вессельтон, 7 — Бултфонтейн, 8 — Дютойтспен, 9 — Де-Бирс, 10 — Камферсдам, 11 — Паардеберг восточный, 12 — Западный Кимберлей

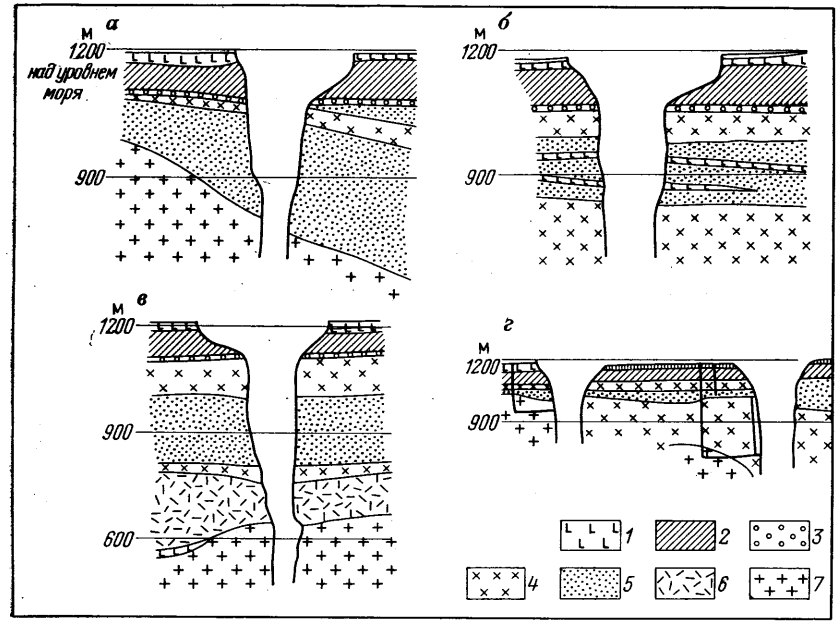

Рис. 36. Геологические разрезы кимберлитовых рудников: *а* — Дютойтспен, *б* — Вессельтон, *в* — Де-Бирс, *г* — Бултфонтейн.

1 — долериты; *2* — сланцы Двайка; *3* — конгломераты Двайка; *4* — мелафиры; *5* — кварциты; *6* — кварцевые порфиры; *7* — граниты

и ряд более мелких — Св. Августина, Бельгравия, Тейлор-Копжес, Отто-Копжес и другие (рис. 35). В пределах этой группы сосредоточены главные добычные работы компании Де-Бирс, которые на отдельных трубках достигли глубины свыше 1 км. Часть трубок полностью выработана. Распределение алмазов в трубках группы весьма неравномерное, но во всех трубках без исключения наблюдалось общее снижение содержания алмазов с глубиной. Контактовые изменения во вмещающих трубки пород наблюдается лишь на нижних горизонтах. Трубки Кимберлеевской группы эродированы на глубину не менее 1000 м. Все трубки пересекают породы основания на различных глубинах (рис. 36). Возраст трубок (Вессельтон, Дютойтспен, Де-Бирс и др.), определенный Rb-Sr-методом, 86±3 млн. лет [Allsopp H. L., Barrett D. R., 1975].

Трубка Кимберлей расположена на территории г. Кимберли. Форма ее овальная (260×160 м), занимаемая площадь около 4 га. На глубине около 650 м размеры трубки уменьшились до 100×66 м. Трубка сложена тремя столбами кимберлита, из которых восточный выклинивается на горизонте 305 м, а западный — на горизонте 630 м, где он переходит в дайку мощностью

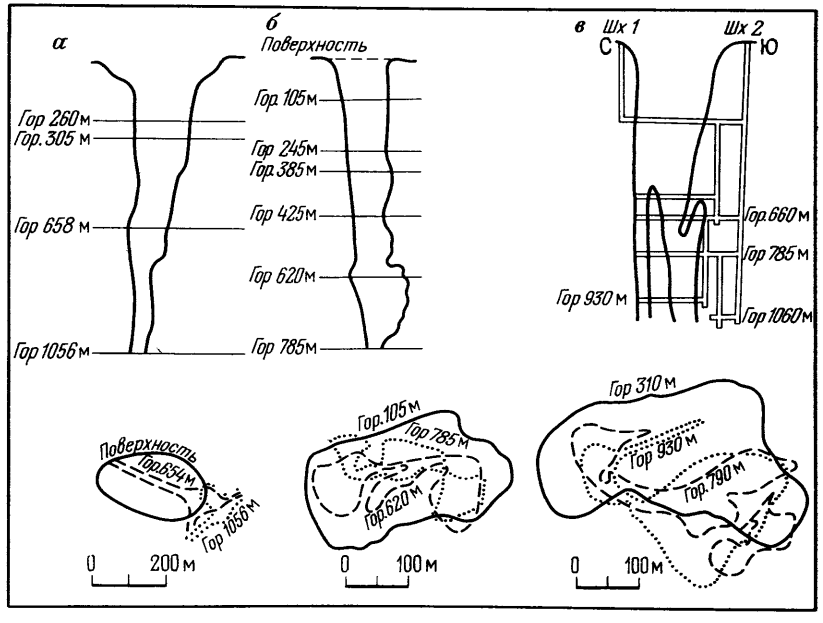

Рис. 37. Планы и разрезы кимберлитовых трубок Кимберлей (*а*), Де-Бирс (*б*) и Вессельтон (*в*)

около 2 м. Центральный прослежен до глубины 1094 м, где он переходит в дайку мощностью 13 м с раздувом на одном конце (рис. 37). Дайка западного столба прослеживается в сторону трубки Святого Августина. Диатремовая часть трубки Кимберлей прослежена до глубины 500—550 м, где ее падение с вертикального перешло в наклонное под углом 76°. Ксенолиты в трубке Кимберлей изменялись от микроскопических до гигантских глыб массой в сотни тонн.

Кимберлит, слагающий трубку, порфировидный, с вкрапленниками оливина нескольких генераций, флогопита, реже энстатита, диопсида, ильменита, граната и др. Основная масса серпентин-хлорит-кальцитовая с перовскитом, апатитом, магнетитом и др. На глубине 1094 м кимберлит полосчатый, полосы порфирового, лишенного ксенолитов кимберлита чередуются с полосами мелкозернистого, почти лишенного вкрапленников.

Порфировый кимберлит сложен вкрапленниками свежего оливина в основной массе, состоящей из кальцита, хлоритизированной слюды с большим количеством магнетита, перовскита и апатита. Качество алмазов и их содержание в отдельных частях трубки различное. В западной части содержание алмазов и их качество более низкие (коричневые камни низкого качества,

дымчатые, трещиноватые и т. д.), чем в остальных частях трубки. Вследствие этого западная часть трубки слабо затронута работами.

Для трубки Кимберлей характерно большое количество октаэдров и гексаоктаэдров с округлыми гранями и двойников и камней своеобразного коричневого цвета. Встречались также бесцветные октаэдры и агрегаты, сцементированные бортом. Алмазы трубки Кимберлей крупные, 51% составляли камни размером более одного карата. На большой глубине в пределах подводящего канала встречались алмазы со своеобразными углублениями (оспинами) на гранях, возникновение которых обусловлено графитизацией под влиянием термального метаморфизма больших глубин. Трубка разрабатывалась с 1871 по 1914 г. и дала 14 504 566 каратов алмазов. Содержание алмазов в верхних горизонтах было 2,7—3 карата/м^3, а на нижних оно снизилось до 0,7—0,8 карата/м^3. При промывке отвалов дополнительно было получено 214 600 каратов алмазов.

Трубка Святого Августина является раздувом дайки, протягивающейся в сторону трубки Кимберлей. На поверхности она имеет округлую форму, которая на глубине 240 м переходит в наклонную под углом 45° дайку. За все время эксплуатации из трубки было добыто 11 305 каратов алмазов, весьма напоминавших алмазы западного столба трубки Кимберлей.

Трубка Вессельтон расположена в 7 км к югу от г. Кимберли. Размеры ее 420×540 м, занимаемая площадь 9,75 га. Диатремовая часть трубки прослеживается до глубины 575—600 м, ниже располагается канальная часть, которая на горизонте 790 м представлена двумя кимберлитовыми телами весьма сложной конфигурации (см. рис. 37). На горизонте 930 м эти два тела вновь соединяются, приобретая причудливые очертания. Трубка разведана до глубины 1096 м. На горизонте 454 м была встречена дайка кимберлита мощностью 1,2—1,8 м, прослеженная от горизонта 152 м до горизонта 488 м. На горизонте 620 м в южной стороне главного тела встречено куполообразное ответвление, не имеющее выхода на поверхность и соединяющееся с главным на горизонте 750—760 м. На горизонте 930 м встречена дайка карбонатита [Guide..., 1973].

Трубка сложена пятью разновидностями кимберлита, отличающихся друг от друга степенью измененности, по содержанию слюды, крупности вкрапленников и др. Кимберлиты содержат большое количество посторонних включений и пироксенитов. На глубине 45 м встречена большая глыба с фауной бофортского возраста, а на глубине 66 м — крупная глыба каменного угля, пять тонн которого были использованы на руднике в качестве топлива, на глубине 105 м обнаружено обугленное дерево, возможно приуроченное к тем же отложениям, что и уголь. Кимберлиты Вессельтона на различных горизонтах имеют более или менее постоянный состав, наблюдается лишь не-

Таблица 23

Химический состав кимберлитов трубки Вессельтон (в вес. %).
По *М. Г. Бардет* [Bardet M. G., 1974]

Горизонт, м	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^-	H_2O^+	P.F
590	34,60	1,40	2,50	7,40	1,85	0,10	32,55	5,15	0,45	2,15	0,87	1,06	5,70	9,75
660	44,50	2,70	3,15	7,85	0,96	0,08	18,95	5,04	0,30	3,95	1,16	4,20	5,25	10,65
960	30,80	1,86	1,95	6,70	2,60	0,12	31,55	6,85	0,35	1,30	1,20	0,85	6,50	13,40

которое увеличение карбонатности с глубиной и уменьшение содержания SiO_2 (табл. 23, 24).

С глубиной возрастает содержание Mn, Co, Cu, Zn, Sr, Y, V и убывает Cr, Ni, Ba.

Алмазы трубки Вессельтон мелкие, 0,01—0,04 карата. Наиболее крупный весил 187,5 карата. Отличаются от алмазов других трубок Кимберлеевской группы большим количеством белых октаэдров. Желтые камни исключительно редки, чаще встречаются золотистые и коричневые. Качество камней невысокое, но осколков мало. 50% добычи составляют технические камни.

С начала добычи по 1932 г. из трубки было добыто 14 106 105 каратов с содержанием 30,9 карата/100 т. После кризиса добыча алмазов на трубке Вессельтон была возобновлена и в 1976 г. было добыто 560 261 каратов с содержанием 28,16 карата/100 т, т. е. за время с 1932 г. содержание алмазов в трубке упало на 32%. В настоящее время алмазы добываются из канальной части трубки, причем некоторые алмазы имеют следы графитизации. Добычные работы производятся на горизонтах 730 и 785 м, а подготовительные — на 1060 м.

Трубки Бултфонтейн и Дютойтспен разрабатываются совместно одним квершлагом длиной 670 м. На горизонте 510 м этот квершлаг встретил кимберлитовое тело, не сообщающееся с поверхностью. Подача руды производится через шахту Бултфонтейн. Трубка Бултфонтейн почти округлая, с диаметром 340—350 м и занимает площадь 9,5 га. Кимберлит трубки брекчиевидный, с большим количеством ксенолитов посторонних пород и родственных включений (табл. 25). В трубке имеется вертикальная глыба брекчированного долерита, протягивающаяся поперек

Таблица 24

Содержание различных элементов в кимберлитах трубки Вессельтон (в $n \cdot 10^{-6}$%)

Горизонт, м	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Y	Ba	V
590	14	13,0	10,8	93	11,7	57	47	732	25	91,7	109
660	21	18,9	7,8	87	13,8	65	64	975	40	32,0	86
960	21	16,9	12,1	102	10,9		92	935	44	11,2	146

всей трубки. В северо-западной части трубки значительная часть ее не разрабатывалась вследствие низкого содержания алмазов. Кимберлит этой части трубки имеет признаки стратификации с плоскостями, наклонными к центру трубки. В концентратах присутствует большое количество граната.

Для трубки Бултфонтейн характерны бесцветные округлые алмазы, иногда с зеленоватым оттенком, октаэдры часто мутноватые, с теми или иными дефектами. Много сложных кристаллов с включениями. Изредка встречаются алмазы совершенной формы («глясье»). В общем алмазы трубки Бултфонтейн мелкие, алмазы размером 100 каратов исключительно редки.

С начала добычи по 1932 г. из трубки было добыто 13,3 млн. каратов с содержанием 0,48 карата/т. В настоящее время ежегодная добыча алмазов была в 1976 г. 216 141 каратов с содержанием 0,3 карата/т, а в 1977 г.— 329 729 каратов с содержанием 0,32 карата/т.

Трубка Дютойтспен представляет собой вытянутое тело размером 245×793 м площадью 12,75 га. В Кимберлеевской группе это самая крупная трубка. Она выполнена тремя разновидностями кимберлита. В общем кимберлит трубки мелкозернистый, с большим количеством ксенолитов посторонних пород (табл. 26). Родственные включения представлены желваками крупнозернистого перидотита. В западной части трубки имеется огромная масса твердого кимберлита (хардебанка) в форме пирамиды, известной под именем «гора Арарат». На противоположном конце трубки имеется крупная дайкообразная масса брекчированного долерита. Кроме трубки имеется дайка, выполненная порфировым кимберлитом. Для трубки Дютойтспен характерно большое количество крупных желтых алмазов, преимущественно октаэдров, с тончайшей параллельной штриховкой на гранях. Имеются крупные двойники. В центральной части трубки часто встречаются белые камни и алмазы черепитчатого строения. В 1974 г. был найден октаэдр зеленовато-желтого цвета величиной с куриное яйцо, размером 616 каратов.

На руднике с начала эксплуатации по 1932 г. было добыто 13 318 446 каратов алмазов с содержанием 0,27 карата/т. В настоящее время работы производятся на горизонтах 580 и 760 м.

Таблица 25

Химический состав кимберлитов трубки Бултфонтейн (в вес. %)

Горизонт, м	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^-	H_2O^+	CO_2	Сумма
305	40,50	0,86	5,95	5,36	4,45	0,03	25,84	5,58	0,29	1,63	0,37	2,14	7,07	0,38	100,45
480	35,40	1,11	4,55	5,44	4,10	0,01	28,58	7,14	0,30	2,72	1,00	0,69	7,23	1,59	99,86

Таблица 26

Химический состав кимберлитов трубки Дютойтспен (в вес. %)

Горизонт, м	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^-	H_2O^+	CO_2	Сумма
155	43,86	0,75	6,77	5,45	3,74	0,05	19,84	4,53	2,18	1,23	0,33	5,12	4,51	1,46	99,86
228	39,01	0,95	5,63	5,88	4,21	0,05	23,94	5,28	1,33	1,26	0,34	4,51	6,68	0,99	100,08
411	42,25	0,92	5,17	5,75	4,31	0,03	20,48	5,83	2,69	1,53	0,42	3,13	5,47	1,52	99,50

В 1976 г. было добыто 153 399 каратов с содержанием 0,145 карата/т., а в 1977 г.— 112 743 каратов.

Трубка Де-Бирс расположена к юго-востоку от г. Кимберли. Она имеет грубо четырехугольную форму размером 330×210 м и занимает площадь 5,5 га. С глубиной форма и размеры трубки изменились. Диатремовая часть трубки продолжалась до глубины 575 м. На этой глубине вертикальное падение трубки изменилось на наклонное под углом 70° к востоку. На глубине 620 м трубка представлена двумя раздувами, соединенными дайкой, на горизонте 785 м трубка приобрела дайкообразную форму с раздувами в восточной, центральной и западной частях (см. рис. 37). Трубка сложена не менее чем двумя разновидностями кимберлита. Северо-западный столб беднее алмазами, чем юго-восточный. Трубка пересечена многочисленными мелкими жилами кимберлита, из которых наиболее мощной является жила Спак. Ксенолиты до глубины 240 м представлены песчаниками Бофорт, сланцами Двайка и мелафирами, ниже встречаются лишь ксенолиты вмещающих пород.

С глубиной содержание SiO_2, Al_2O_3, FeO уменьшается, а содержание TiO_2, Fe_2O_3, MgO увеличивается, что является, по-видимому, следствием большей дифференциации магмы на глубине (табл. 27).

На глубине 785 м признаки брекчированности кимберлита отсутствуют, и он сложен многочисленными вкрапленниками округлых зерен оливина, листочками флогопита, отдельными зернами ильменита, энстатита, диопсида, пиропа и сегрегациями отдельных вкрапленников размером до 15 см. Основная масса мелкозернистая, зеленовато-черного цвета, сложена кальцитом, серпентином, хлоритом с мелкими зернами оливина, перовскита, хромита, апатита и окислами железа. На глубине 620 м вмещающие трубку гранито-гнейсы подверглись контактовым изменениям на расстоянии 3—5 м от трубки. В результате контактовых изменений из вмещающих пород происходил вынос SiO_2, FeO, Na_2O и привнос из кимберлитов TiO_2, Fe_2O_3, MgO, CaO, CO_2 и K_2O (табл. 28).

Для трубки Де-Бирс характерны крупные желтые камни и особенно темно-желтые додекаэдры. Белые камни и двойники редки. Юго-западная часть трубки содержала лишь коричневые алмазы низкого качества. Из крупных камней, добытых из трубки Де-Бирс, следует упомянуть о желтом октаэдре Де-Бирс массой 428,5 карата, Портер Родс массой 150 каратов и о прекрасном желтом алмазе Тиффани массой 128,5 карата.

С 1871 г. производилась разработка более богатой юго-восточной части. К 1908 г. она была выработана до глубины 785 м. За это время было добыто 23 151 434 каратов. В начале содержание было 0,8 карата/т, а затем оно снизилось до 0,3 карата/т. В 1964 г. была начата разработка юго-западной части. В настоящее время эксплуатируются горизонты 500 и 620 м. За послед-

Таблица 27

Химический состав кимберлитов трубки Де-Бирс (в вес. %)

Место взятия	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^-	H_2O^+	CO_2	Сумма
Горизонт 420 м, юго-восток	37,68	0,60	5,20	7,68	3,17	—	23,40	4,34	Нет данных			5,80	7,34	4,06	99,27
То же, северо-запад	34,48	0,60	4,67	4,65	4,46	—	26,71	7,28	4,95	—	—	1,76	9,11	1,33	100,00
Горизонт 516 м, северо-запад	36,36	1,29	5,95	4,96	4,17	0,05	29,06	6,30	0,30	1,49	0,71	0,80	8,71	0,56	100,71
Горизонт 612 м, северо-запад	32,03	1,73	2,90	6,12	3,40	—	33,43	7,60	0,35	1,34	1,45	0,52	6,61	2,50	99,98

Таблица 28

Химический состав вмещающих пород трубки Де-Бирс (в вес. %)

Расстояние от контакта, м	SiO_2	TiO_2	Cr_2O_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	Сумма
16	70,91	0,21	0,05	13,51	0,46	1,62	0,08	1,76	2,40	4,89	2,02	0,15	0,37	1,76	100,19
3	64,17	0,22	0,05	12,79	1,02	1,70	0,12	1,43	7,12	4,68	1,73	0,17	0,76	4,59	100,55
0,3	47,27	0,28	0,01	14,13	1,57	0,94	0,11	2,36	12,32	3,71	5,23	0,29	2,24	8,56	99,12

ние годы добыча значительно снизилась, что, возможно, указывает на то, что трубка будет скоро выработана полностью. В 1976 г. было добыто 121 522 каратов с содержанием 0,16 карата/т.

В Кимберлеевской группе кроме описанных разрабатывались трубки: 1) Отто-Копжес удлиненной формы с содержанием 0,04—0,06 карата/т. Среди алмазов преобладали бледно-желтые додекаэдры. Всего было добыто около 3000 каратов. Наибольший алмаз весил 336 каратов. Работы прекращены вследствие низкого содержания и увеличения с глубиной твердости кимберлита; 2) трубка Тейлор-Копжес с низким содержанием алмазов и т. д. В районе имеется несколько заброшенных рудников (Бельгравия, Томсона и др.).

Кимберлитовый комплекс Камферсдам расположен в 6,5 км к северо-западу от Кимберли и состоит из двух трубок, дайки и остатков силла [Guide..., 1973]. Вмещающими породами являются пологозалегающие сланцы Карру и нижние части долеритового силла, наклоненного на северо-запад. Дайка кимберлита имеет сложное строение со ступенчатыми зальбандами под влиянием развития силлоподобных структур, мощность ее местами достигает 60 м. В юго-восточном направлении дайка прослежена на 800, а в северо-западном на 180 м. Силл, а возможно несколько силлов, обнажаются в северо-западном краю карьера (рис. 38) и приурочены к напластованию темно-серых сланцев Двайка. Силлы занимают площадь 30 000 м^2 при мощности 10 м. Силлы сложены кимберлитом с многочисленными серпентинизированными вкрапленниками оливина, граната, ильменита и измененной слюды в рыхлой основной массе желтого цвета. Ксенолиты представлены почти исключительно пластинками сланца, располагающимися параллельно зальбандам.

Трубки располагаются на дайке и имеют округлую форму и по существу являются ее раздувами. Размеры трубок неизвестны. На глубине 150 м диаметр главной трубки равен 140 м, падение ее почти вертикальное. Кимберлит трубок богат ильменитом, хромдиопсидом и гранатом. Включений мало. Трубки Камферсдам интересны тем, что вмещающие сланцы на контакте с желтой землей ороговикованы и превращены в твердую кремнистую породу — лидиолит. Дайка и силлы алмазов не содержат. Среднее содержание алмазов в трубке 0,11 карата/т. Трубка разрабатывалась с 1898 по 1907 г. и дала 306 945 каратов алмазов. В 1954 г. были произведены дополнительная разведка и опробование, которые дали отрицательные результаты.

Кимберлитовый комплекс Локстондаль расположен в 15 км к северо-востоку от г. Кимберли и открыт в 1965 г. Под кальцретом было обнаружено два выхода кимберлита. Первое тело овальное 65×27 м, а второе дайкообразное мощностью 18 м и протяженностью 50 м. Тело находится в пологозалегающих сланцах Карру, интрудированных горизонтальными силлами до-

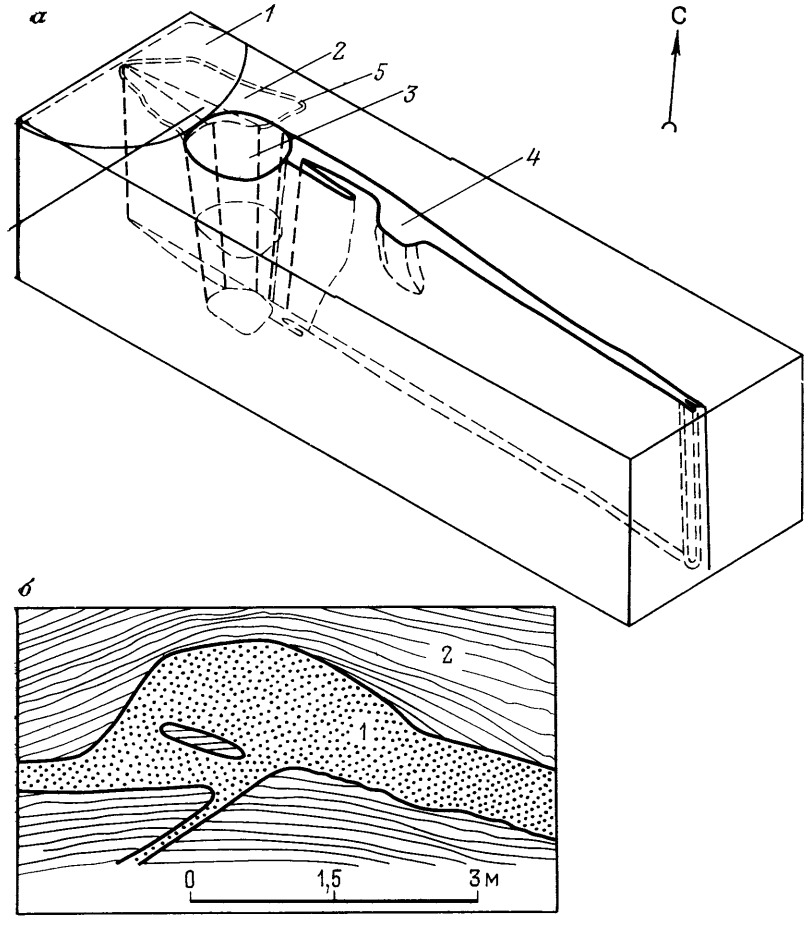

Рис. 38. Кимберлитовый комплекс Камферсдам.

а — схема расположения кимберлитовых тел в комплексе, *б* — лакколитоподобная интрузия кимберлита (1) в сланцы Двайка (2)
1 — выход долерита; *2* — кимберлитовый силл, *3* — трубка Камферсдам; *4* — кимберлитовая дайка; *5* — границы силла

леритов. На глубине 63 м оба тела соединились и образовали единое тело 120×60 м (рис. 39). На глубине 126 м оно перешло в дайку с несколькими раздувами. Судя по разрезу *АБ*, эта дайка имеет несколько подводящих каналов.

Кимберлит Локстондаля имеет несколько необычный вид. В свежем состоянии он состоит из красноватой тонкозернистой массы кальцита и флогопита с округлыми вкрапленниками оливина и обломками вмещающих сланцев, долеритов и гранитогнейсов. Весьма вероятно кимберлитовое тело Локстондаль не

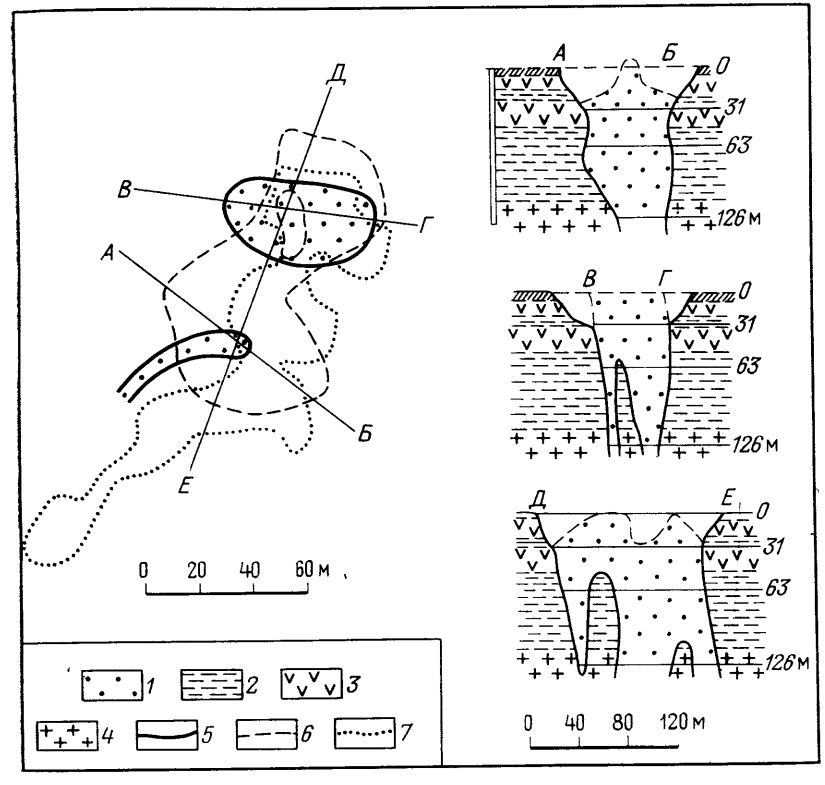

Рис. 39. План и разрезы кимберлитовых тел Локстондаль.

1 — кимберлиты; *2* — сланцы; *3* — долериты; *4* — граниты; *5* — поверхность; *6* — горизонт 63 м; *7* — горизонт 126 м

имело выхода на поверхность и было перекрыто долеритом. Признаков взрывного происхождения не обнаружено. Комплекс алмазоносный и на нем производятся добычные работы с производительностью в несколько десятков тысяч каратов в год.

Характерной особенностью района Кимберли является присутствие в нем кимберлитовых силлов — Вессельтон Флоорс, Трентхам, Салтпетрепан, Каролусдрифт [Hawthorne J. B., 1968] (рис. 40).

Силл Вессельтон Флоорс расположен к юго-западу от трубки Вессельтон и представляет собой двояковыпуклый лакколит размером 300×180 м с максимальной мощностью в центральной части 40—45 м. При выклинивании силл переходит в серию тонких прожилков. В кимберлите силла различают верхнюю и нижнюю зоны без резкой границы между ними. Кимберлит верхней зоны свежий и плотный, сложен в основном

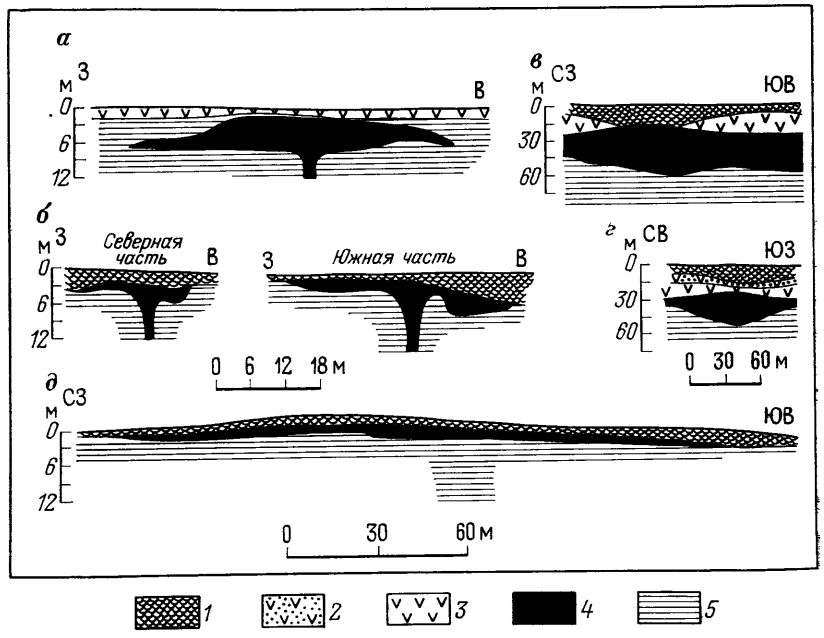

Рис. 40. Разрезы кимберлитовых силлов Южно-Африканской Республики:
а — Салтпетрепан северный, *б* — Салтпетрепан южный, *в—г* — Вессельтон Флоорс, *д* — Каролусдрифт
1 — наносы и калькрет; *2* — разрушенные долериты; *3* — долериты; *4* — кимберлит; *5* — сланцы Двайка

серпентинизированными и карбонатизированными вкрапленниками оливина двух генераций, в меньшем количестве встречаются пироп, пикроильменит и хромдиопсид. Включения отсутствуют, только в центральной части встречаются мелкие угловатые включения сланцев иногда концентрического строения. Кимберлит нижней части силла сильно изменен, но имеет аналогичную структуру. Кроме указанных, в верхней части вкрапленников присутствуют вкрапленники флогопита. Вблизи почвы силла обычны угловатые обломки сланцев, изредка долеритов. В верхней и нижней частях силла много прожилков кальцита. Кимберлит силла напоминает кимберлит трубки Вессельтон. Он слабо алмазоносный и эксплуатировался на выходах.

Силл Трентхам на северном берегу р. Вааль открыт в 1964 г. Он грубо четырехугольный (300×240 м), мощностью от нескольких сантиметров до 5 м, в среднем 1,8—2,3 м. Силл пологопадающий и интрудировал в пологопадающие сланцы. Он различается по интенсивности карбонатизации и изменения кимберлита и состоит из светло-серой массы серпентина и кальцита с округлыми вкрапленниками серпентинизированного оливина размером до 1 мм и зерен флогопита, пиропа, пикроильменита, перовскита и хромшпинели. Ксенолитов и родственных включений не встречено. Кимберлит слабо алмазоносный.

Силл Салтпетрепан расположен в районе Герберта и состоит из двух силлов, протягивающихся вдоль дайки широтного простирания. Мощность дайки 0,9—3 м, временами она разрабатывалась на алмазы. Северный силл находится на северной границе отвода, а южный — в центре отвода на одном стратиграфическом горизонте в сланцах Верхней Двайки между залежами долеритов Карру. Северный силл размером 90×60 м имеет мощность до 7 м в центре, утоняясь к краям. Южный силл вытянут по простиранию дайки на 150 м при ширине 35 м. Кимберлит силлов аналогичен кимберлиту дайки. Он сильно изменен и карбонатизирован. Содержание алмазов невысокое. Дайка прослежена на 1,35 км, содержание алмазов в ней 0,17 карата/т.

Группа кимберлитовых тел в районе Постмасбург расположена вблизи г. Постмасбурга на площади 15×70 км к западу от Кимберли. Всего известно 13 трубок и даек кимберлита, из них главные трубки Финш, Вестэнд, Постмасбург, Макганиен, Роское и др.

Трубка Финш расположена на северо-восточной окраине площади Постмасбург, в 210 км к западу от Кимберли на отводе Бритс [Gurney J. J., Switzer G. S., 1973; Ruotsala A. P., 1975; и др.]. Форма ее близкая к округлой (487×533 м), занимает площадь в 18 га. Прослежена шахтой до глубины 330 м. Вмещающими породами до глубины 135 м являются железняки свиты Грикватаун, ниже — доломиты Трансваальской системы. Породы собраны в складку меридионального простирания. Трубка находится в депрессии под наносами мощностью 1,5—12 м. До глубины 30—60 м трубка сложена желтой землей, переходящей книзу в голубой хардебанк. Характерная особенность последнего — присутствие многочисленных сильно слюдистых агрегатов размером от 0,1 до 8 см. В центре сегрегаций часто встречаются одиночные кристаллы оливина. Во вкрапленниках кроме оливина присутствуют флогопит и гранат. Основная масса кальцит-серпентиновая с апатитом. Ксенолиты, иногда довольно крупные, представлены базальтами Стормберга, аргиллитами и другими породами. Известна глыба аргиллитов Бофорт размером 70×20 м. Местами наблюдается флюидальная текстура. Имеются маломощные жилы более молодого кимберлита.

Алмазы трубки Финш относительно мелкие, $^2/_3$ их меньше 3 мм (табл. 29). Наиболее крупный камень весил 167 каратов, но был плохого качества. Ювелирные разности составляют 25% добычи.

Трубка открыта в 1961 г. и начала эксплуатироваться с 1966 г. До глубины 275 м трубка будет разрабатываться открытыми работами, а ниже подземными. Запасы в открытых рабо-

Таблица 29

Форма и цвет алмазов трубки Финш (в %)

Класс крупности, мм	Форма				Цвет				
	октаэдры	додекаэдры	двойники	неправильные	бесцветные	желтые	коричневые	зеленые	серые и черные
От +9 до —11	11	30	18	41	43	7	40	8	2
От +17 до —19	18	28	17	37	28	18	26	16	12

тах исчисляются в 110 млн. каратов с содержанием 0,64 карата/т. С начала добычи по 1976 г. было добыто около 25 млн. каратов. Ежегодная добыча (1976 г.) 2 202 778 каратов с содержанием 0,64 карата/т. Работы производятся на глубине 80—100 м.

Трубка Вестэнд имеет удлиненную форму (150—225)×60 м. Стенки трубки почти вертикальные. Трубка прорывает известняки свиты Кампбелл Ранд и лавы Онгелука. На контакте с трубкой известняки прорваны жилами и дайками кимберлита. На глубине 75 м размеры трубки сильно уменьшились, а качество и содержание алмазов снизились. Трубка выполнена брекчиевидной разностью кимберлита с многочисленными ксенолитами известняков, роговиков, яшм, сланцев и слоистых кремнистых и железистых пород свиты Гриквaтаун. Размер их изменяется от микроскопических до глыб массой в несколько тонн. Цементом служит порфировидный кимберлит с вкрапленниками серпентинизированного оливина, пироксена, зеленой и коричневой слюды, пиропа и ильменита. Основная масса серпентиновая.

Алмазы трубки Вестэнд хорошего качества — ювелирных 77%, технических 17%, борта 6% добычи. О величине добываемых камней можно судить по следующим данным — в партии из 640 камней содержалось алмазов:

Размер алмазов, мм	Содержание, %
>30	1,0
20—30	1,0
10—20	4,7
5—10	27,0
3—5	66,3

Трубка разрабатывалась с 1918 по 1932 г. и дала 235 770 каратов с содержанием 0,06—0,11 карата/т. Работы были прекращены на глубине 70 м.

Кроме того, до глубины 31 м разрабатывались трубка Постмасбург (240×75 м), трубка Макганиен (115×75 м) и трубка Роское. Более подробные данные отсутствуют.

Группа кимберлитовых тел в районе Западного Беркли расположена в районе одноименного города в бассейне р. Хартс. Различают две алмазоносных площади — Франк-Смит и Бельсбенк.

Площадь Франк-Смит расположена на восточном берегу р. Хартс. В ее пределах известны кимберлитовые тела Франк-Смит, Доорнклооф-Совер, Доорнлаагте и др. (рис. 41).

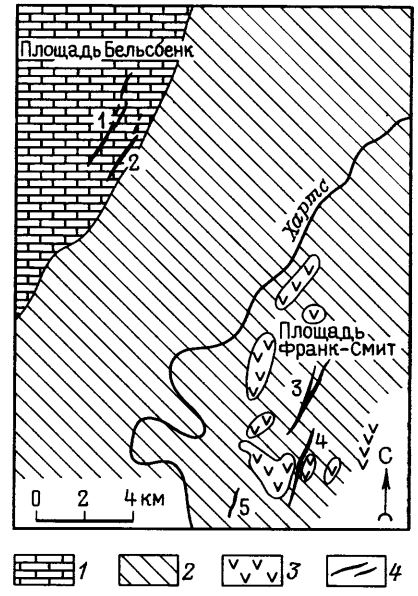

Рис. 41. Расположение кимберлитовых тел на площадях Бельсбенк и Франк-Смит.

1 — доломиты Кампбелл-Ранд; *2* — сланцы Карру; *3* — долериты; *4* — жилы и дайки кимберлитов.
Жилы: 1 — Главная, 2 — Боббиджан, 3 — Доорнклооф-Совер, 4 — Доорнлаагте, 5 — Митчеманскрааль

Трубка Франк-Смит находится в 75 км к северо-западу от Кимберли. Она состоит из двух тел: северного, или трубки Смита, и южного, или Вельтевреден, соединенных дайкой мощностью 30—40 м (блок Виндсор), прорывающих сланцы Карру и долериты. Все тела сложены кимберлитом с крупными вкрапленниками ильменита и альмандин-пиропа размером до 5 см [Bosh J. L., 1971]. Реже встречаются слоистые проростания ильменита и диопсида. До глубины 15 м трубка была выполнена слюдяным кимберлитом, а ниже базальтовым. Ксенолиты представлены известняками, сланцами, мергелями и глинистыми породами. Из родственных включений встречены кианитовые, корундовые алмазоносные эклогиты, дуниты, гарцбургиты, лерцолиты и др., иногда гранатизированные.

Алмазы трубки Франк-Смит высокого качества и представлены белыми октаэдрами с ямчатыми гранями, иногда в графитовой рубашке. В сентябре 1970 г. рудник был закрыт вследствие низкого содержания алмазов.

К западу от рудника Франк-Смит находятся алмазоносные кимберлитовые жилы Доорнклооф-Совер, Доорнлаагте и др. северо-восточного простирания, прорывающие сланцы Карру. Кимберлиты жил представлены флогопит-карбонатной породой с измененными вкрапленниками оливина. Длина жил по простиранию 3,6 и 6,6 км. Среднее содержание алмазов 0,06—0,45 карата/т.

Площадь Бельсбенк расположена на западном берегу р. Хартс, к северо-западу от площади Франк-Смит. Она состо-

ит из двух систем кулисообразных жил и даек северо-восточного простирания протяженностью 0,5—3,9 км при мощности 0,45—1,2 м. Местами жилы смещены сбросами с амплитудой 12 м.

Западная система жил, известная под именем Главной, имеет четыре раздува, из которых наибольший 180×27 м, а два других имеют мощности 36 и 42 м. Северный, Центральный и Южный раздувы промышленные и разрабатываются, а Восточный — непромышленный. К востоку от Главной имеется ответвление, прослеженное на 1,65 км. В центральной его части имеется раздув мощностью около 30 м, который эксплуатировался до глубины 30 м, с содержанием алмазов от 0,18 до 0,40 карата/т.

Восточная система жил с вертикальным падением — Боббиджан — раздувов не содержит. Между западной и восточной системами жил имеется система жил, известная под именем Уотер, с низким содержанием алмазов. Эти системы кимберлитовых жил и даек прорывают докембрийские доломиты Кампбелл-Ранд системы Трансвааль, пологопадающие на запад.

Кимберлит жил и даек коричнево-зеленый и голубой, содержит 8,4—51,8% псевдоморфоз серпентина по оливину, 0,2—30% флогопита, а также гранат, клинопироксен, хромшпинелиды и др. Основная масса (45—85%) состоит из серпентина, кальцита, флогопита, апатита, перовскита и магнетита. Ильменита не встречено. Наблюдается флюидальная текстура. В кимберлите встречаются желваки округлой формы размером до 4 см кианитовых, корундовых, ортопироксеновых, оливин-корундовых, алмазоносных и других эклогитов, а также дунитов, гарцбургитов, лерцолитов и других, иногда с гранатом. В трубообразных раздувах встречены ксенолиты гранулитов, гнейсов, гранитов, сланцев и других вмещающих пород. Непромышленная система жил Уотер отличается от промышленных пониженным содержанием Fe_2O_3, MgO, K_2O, P_2O_5 и повышенным CaO и CO_2, а также пониженными значениями $\frac{Mg}{Mg+Fe}$ и повышенными Si/Mg (табл. 30).

Система жил Уотер отличается от других систем жил также пониженным содержанием Cr, Ni, Co, K, Rb, Cs, Sr, Ba, Ce, Nd, Sm, Eu и других, т. е. общим пониженным содержанием почти всех элементов (табл. 31).

О характере алмазов площади Бельсбенк известно мало. Указывается, что октаэдрические алмазы крупнее и лучшего качества, чем додекаэдрические. Известны алмазы с бледно-зеленой оболочкой, исчезающей при огранке. Преобладают ювелирные камни, технических мало. Содержание алмазов в жилах 0,18—0,46 карата/т. Ежегодная добыча алмазов площади Бельсбенк порядка нескольких десятков тысяч каратов.

Трубка Ньюлендс находится в 20 км к юго-западу от трубки Франк-Смит. Имеется дайка северо-восточного про-

Таблица 30

Химический состав кимберлитов площади Бельсбенк (в вес. %)

Жила	Число анализов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3+FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	CO_2	Сумма	$\frac{Mg}{Mg+Fe}$	Si/Mg
Главная	7	28,80	0,79	2,47	7,92	0,33	24,96	11,16	0,02	1,00	1,33	10,84	0,95	7,61	98,83	86,2	0,89
Уотер	10	25,27	0,50	1,64	4,77	0,11	10,59	26,34	0,03	0,05	0,41	5,97	3,98	20,50	100,16	81,5	1,85
Боббиджан	6	23,25	0,05	1,63	5,48	0,36	14,17	23,68	0,10	0,78	1,34	11,49	1,47	13,16	96,96	83,7	1,24

Таблица 31

Содержание отдельных элементов по отдельным системам жил Бельсбенка (в $n \cdot 10^{-6}$%)

Жила	Cr	Ni	Co	Cr/Ni	K	Rb	Cs	Sr	Ba	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Th	U	K/Rb	K/Cs	Th/U	La
Главная	1320	1150	62	115	7040	57	3,7	1520	2540	500	246	16,2	379	1,79	1,7	0,16	39,2	6,7	124	1900	5,9	243
Уотер	1190	1010	53	118	390	4	0,4	430	128	198	70	8,1	202	1,00	1,0	0,11	13,9	2,5	98	975	5,6	108
Боббиджан	1270	1050	60	121	6490	53	3,0	1230	4720	253	152	13,3	413	2,02	2,1	0,20	46,4	5,3	122	2160	8,8	315

стирания мощностью 0,3—2,5 м и протяженностью более одного километра. По простиранию дайки встречено пять раздувов мощностью 5—40 м, часть которых эксплуатируется. На глубине 135 м между двумя раздувами встречено штокообразное тело, не выходящее на поверхность. Вмещающими породами являются сланцы Двайка и подстилающие их долериты. На глубине 75 м встречены амигдалоидные брекчированные диабазы с пропластками черных сланцев. Кимберлит дайки и трубок слюдяной. Во вкрапленниках присутствуют оливин, гранат, пироксены и ильменит. Хромшпинелиды встречаются редко. Родственные включения — эклогиты — особенно обильны в раздувах 4 и 5. Кроме эклогитов иногда с алмазами встречены родственные включения гарцбургитов, лерцолитов и пироксен-гранатовых пород. Из ксенолитов присутствуют обломки диабазов, долеритов и др. Содержание алмазов в дайке и раздувах одинаковое: 0,25—0,35 карата/т. Преобладают мелкие алмазы хорошего качества. Встречены включения алмаза в алмазе. Работы достигли глубины 140 м. В 1912—1913 гг. ежегодно добывалось алмазов 20—25 тысяч каратов. Вследствие твердости кимберлита и снижения содержания алмазов с глубиной рудник законсервирован.

Дайка Лейсистер расположена на отводе Эландсдрифт, в 3 км к югу от Клипдама в пределах сильно водоносной депрессии. Она прорывает долериты, сланцы и конгломераты Двайка и дает крупные камни. Рудник был на консервации и в 1966 г. начато его восстановление.

Дайка Бельморал находится в 12 км к северо-востоку от Лейсистер и представляет собой небольшую кимберлитовую дайку, прорывающую диабазы. Предполагается восстановление рудника после 40-летней консервации. Возобновляются работы и на кимберлитовой жиле Рокс. Предполагается закладка четырех шахт по простиранию жилы. Бурением она прослежена на глубину 100—335 м.

Силл Каролусдрифт расположен в районе Западного Беркли. Он занимает площадь 1,8 га и имеет мощность около 4 м. Силл перекрыт калькретом и подстилается горизонтальными сланцами Карру. Кимберлит сильно карбонатизирован, имеет горизонтальную слоистость, заполненную жилами волокнистого кальцита. Основная масса хлорит-карбонатная, мелкозернистая, с небольшим количеством серпентина и цеолитов, с зернами перовскита и окислами железа. Имеются остатки сильно хлоритизированных псевдоморфоз серпентина по оливину и следы апатита, пикроильменита, хромдиопсида и граната. Алмазов не встречено. Подводящих каналов не обнаружено.

В пределах Капской провинции алмазные россыпи известны по р. Оранжевой и в пределах Малого Намаквеленда.

Е. Рейнинг [Reuning E., 1931] проследил путь алмазов вдоль р. Оранжевой от Трансвааля до ее устья. На всем этом протяжении

р. Оранжевая была представителем «сухих» рек аридного климата. Особенно богатыми были галечники на нижнем отрезке течения р. Оранжевой [Hoyt J. H. e. a., 1969 г.]. В Блоедрифте они расположены по южному берегу этой реки, от Сендерменгдрифта до Ветфоркопа. Блоедрифт находится в 28 км к юго-юго-западу от Сендерменгдрифта, Ветфоркоп — в 16 км западнее Блоедрифта. Алмазоносные галечники встречены на террасах высотой 20, 30 и 45 м. Мощность галечников до 15 м. Они состоят из слабо сортированных песков и глин и слабо окатанной гальки яшмы, железняка, осадочных и изверженных пород. Местами эти отложения сцементированы известью в твердые конгломераты, для дробления которых необходимо специальное оборудование.

Основные работы на южном берегу реки сосредоточены в сел. Окфа, в 60 км от устья, где в излучине сильно меандрирующей древней реки установлены террасовые россыпи. Мощность галечников 27—28 м. Добываются алмазы исключительных формы и качества.

Ниже сел. Окфа в районе Бакен при поисках было найдено 1669 камней общей массой 1883 каратов; из них 86% ювелирных. Вблизи сел. Лорелей разрабатываются алмазоносные галечники, лежащие в основании разреза. В 1969 г. в нижнем течении р. Оранжевой было добыто 269 141 каратов.

В нижнем течении р. Оранжевой все россыпи перекрыты эоловыми песками большой мощности. Разрабатываются лишь те россыпи, которые находятся под наносами не свыше 25 м мощности.

По характеру алмазоносные галечники нижнего течения р. Оранжевой весьма напоминают отложения грязевых потоков, возникающих в периоды катастрофических ливней. Средний размер добываемых камней 1,6 карата, наибольший весил 89 каратов. Большинство алмазов бесцветные, но встречаются желтые и зеленые камни.

Крупные алмазные россыпи известны в Малом Намаквеленде[1]. В его пределах побережье Атлантического океана очень низкое, песчаное и лишь местами скалистое, в настоящее время оно испытывает подъем. Большинство рек имеет водоток лишь в дождливые периоды. В устьях рек развиты песчано-галечные косы и бары.

В пределах Малого Намаквеленда известны аллювиальные, прибрежно-морские и россыпи морских террас. Морские террасовые россыпи распространены между 30° 31′—32° 30′ ю. ш. Увязка высот отдельных террас представляет большие трудности вследствие неравномерного подъема отдельных участков по-

[1] Малым Намаквелендом называют береговую часть Южной Африки к югу от устья р. Оранжевой. В структурном отношении он принадлежит к восточной части плиты Карру-Калахари и Бушменлендскому щиту.

бережья. В Малом Намаквалендe различают следующие террасы:

1. Террасу Гроблер — наиболее древнюю, высотой 65—85 м и отстоящую от океана на расстояние до 7,5 км.

2. Верхнюю террасу, высотой 34—47 м.

3. Среднюю террасу, высотой 17—26 м и отстоящую от океана на 4,9 км.

4. Нижнюю террасу, высотой 8 м и ниже. В нее включены и современные прибрежно-морские отложения. Местами она расположена ниже уровня океана.

Между устьем р. Оранжевой и южной границей туземной резервации порта Ноллот известно 12 алмазоносных участков шириной до 8 км: 1) зал. Александра, 2) Кап-Вольтас, 3) зал. Пиакок, 4) Риетфонтейн, 5) Гифткоп, 6) Холгат Южный, 7) Холгат Северный, 8) Пердевлей, 9) Клиффс, 10) Ленгпан, 11) Муневлек, 12) резервация порта Ноллот. На трех верхних террасах обнаружены остатки древних речных русел. Алмазоносны в основном террасовые россыпи в устьях рек.

На участке зал. Александра в 20 км от устья р. Оранжевой встречены алмазоносные террасовые галечники, приуроченные к так называемой «устричной линии» расположенной в 1,5—2 км от берега на высоте 22,5—33 м. Имеются узкие полосы алмазоносного галечника длиной 400 м, шириной 2,4—12 м, мощностью 0,15—0,9 м, покрытые песками различной мощности. К северо-западу от «устричной линии» существует другая линия так называемая «речная линия», вытянутая в меридиональном направлении и расположенная на террасе высотой 15—20 м (Средняя терраса).

Наиболее низкая терраса высотой 9 м сложена галечниками, переслаивающимися с песками и прослеженная до участка Кеннеди. Она неалмазоносная. Среднее содержание алмазов на участке зал. Александра 0,44 карата/м^3. Запасы алмазов около 80 000 каратов. Алмазы площади зал. Александра представлены округлыми октаэдрами и большим количеством обломков. Двойников и борта мало. Часты бледно-желтые и голубовато-белые камни. Часть камней окрашена в зеленый цвет, исчезающий при огранке. Камни носят следы изношенности. Камни зал. Александра напоминают алмазы трубок Дютойтспен, Вессельтон и Хопетауна.

Восточнее и северо-восточнее зал. Пиакок находится морская терраса высотой 21—27 м того же возраста, что и «устричная линия». Алмазоносные галечники залегают в углублениях плотика, мощность их 0,15—0,9 м. Наносы мощностью 0,9—1,2 м иногда сцементированы известью и окислами железа. Местами галечники были очень богаты алмазами и отстояли от берега на 2,5 км.

Площадь Клиффа расположена в 17 км к северу от порта Ноллот и вытянута вдоль берега на 1,5 км. Древние галечники

расположены на высоте 12—15 м и приурочены к западинам плотика. Более молодые галечники непосредственно перекрывают более древние. Содержание алмазов в молодых галечниках и их качество ниже, чем в древних.

В 10 км южнее порта Ноллот в 750 м от берега имеется депрессия длиной 3,2 км, являющаяся древним руслом р. Каммы, выполненная галечниками мощностью 0,9 м. Последние перекрыты крупнозернистыми песками, сцементированными известью. Кроме этой встречаются еще подобные депрессии. Морские террасовые россыпи обнаружены к югу от устья р. Буффельс на высотах 7,2—13,2, 35 и 63 м. На низкой террасе алмазы встречались в исполинских котлах. Разрабатывались остаточные россыпи на поверхности морских и речных террас.

В настоящее время основные добычные работы сосредоточены в районе Аннекс-Клейнзее, где в 1977 г. было добыто 604 252 каратов со средней величиной камней 0,76 карата. В зал. Хондеклип южнее Клейнзее открыто богатое месторождение Коингнаас. Месторождение образовано алмазоносными террасовыми россыпями, вытянутыми параллельно побережью, и речными галечниками, погребенными под эоловыми отложениями. Эти отложения приурочены к каналам, врезанным в коренные породы на глубину до 7 м с наклоном 1°. В верхней части каналы заполнены крупнозернистым полевошпатовым песком, лежащим на глинах с растительными остатками. Ниже глин располагаются плотные глинистые пески с угловатыми обломками кварца в основании каналов. Содержание алмазов в отложениях каналов 2 карата/м^3. Алмазы каналов меньше алмазов террас. Описанные каналы свойственны только этому месторождению. Последнее перекрыто наносами мощностью до 30 м. Эксплуатацию на месторождении Коингнаас предполагается начать в 1978 г. с годовой добычей порядка 500 000 каратов.

В 1966 г. к северу от Аннекс-Клейнзее было найдено месторождение Дрейерс-Пан. Алмазоносны террасы высотой 40—65 м, более низкие террасы алмазов не содержат. Алмазы приурочены к трещинам плотика, сложенного кварцитами Кейс. Мощность галечников 0,25 м, они перекрыты глинистыми песками зеленого цвета с гравием. Запасы 3 млн. каратов. В 1976 г. на этом месторождении было добыто 49 911 каратов при средней величине камней 0,58 карата.

Месторождение Лангхоогте, расположенное в 50 км западнее Дрейерс-Пан, находится сравнительно далеко от океана и приурочено к плохо отсортированным галечникам временных потоков; мощность их 1—1,8 м. Алмазы приурочены к мелким западинам плотика. Содержание алмазов 0,38 карата/м^3.

В 1971 г. вследствие понижения на мировом рынке спроса на мелкие алмазы добыча алмазов на месторождениях Коингнаас, Дрейерс-Пан, Лангхоогте и некоторых других, дающих сравнительно мелкие алмазы, была прекращена. В связи с из-

менением на мировом рынке предполагается все эти рудники снять с консервации и увеличить на них добычу.

Участок побережья между устьями рек Бюффелс и Грин обследован очень слабо. В устье р. Грин на отводе Клип-Куин разрабатывалась террасовая россыпь на высоте 9—13,5 м, сложенная галечниками с крупными валунами поверхностных кварцитов и гранита. В устье р. Олифантс и к северу от него обнаружены алмазоносные галечники, лежащие между клиффом и отметкой низкой воды в океане. Мощность галечников 0,5 м. Качество алмазов низкое.

На самом юге Малого Намакваленда известна крупная и богатая россыпь Каретиескоп, сложенная тремя алмазоносными пластами. Россыпь прослежена на 1,2 км при ширине 30—50 м; она перекрыта дюнными песками мощностью до 12 м. Самый нижний наиболее богатый пласт располагался на гранитном плотике. Два верхних слоя более бедные и содержат алмазы величиной 0,13—0,25 карата. Большинство алмазов представлено обломками. Алмазы найдены и в туземной резервации Хондеклипвлей. Кроме морских россыпей известны и речные по рекам, впадающим в океан — Бюффелс, Сноег, Харрис и Грин. Все они представляли собой «сухие» реки, в которых материал перемещался в форме грязевых потоков. Наиболее крупные россыпи известны по р. Буффелс и приурочены к террасам. Верховья р. Буффелс и ряда других рек расположены за пределами Великого Уступа. Террасы на р. Буффелс появляются ниже каньона, образованного рекой при выходе ее из пределов Великого Уступа, примерно в 40 км от его подножия. Подобные россыпи имеются и по рекам Олифантс, Харрис, Грин и др.

Ежегодная добыча Малого Намакваленда в 1977 г. возросла до 1 162 752 каратов по сравнению с 135 847 каратов в 1976 г., вследствие того что начата добыча алмазов на площадях с мелкими алмазами, ранее находившихся на консервации. Коренной источник алмазов Малого Намакваленда точно не установлен. В его пределах на плато Бушменленда известны кимберлиты [Frick C., 1974_2; Cornelissen A. R., Verwoerd W. J., 1975]. Они расположены по соседству с сильно расчлененной частью Западного обрыва Южной Африки и протягиваются в глубь страны на 100 км (рис. 42). На площади 8400 км² обнаружено 77 трубок кимберлитов и большое число аномалий. Часть трубок разведана бурением на 20—279 м. В двух из них на отводе Буртонспут и в трубке, расположенной на границе отводов Гамоен и Кариескрааль, были обнаружены алмазы. Все трубки залегают среди гнейсов. Обнаружено три категории трубок:

1. Трубки, выполненные мелилит- и мелилит-нефелиновыми базальтами.

2. Трубки, выполненные брекчиями и осадочными породами диаметром 50—500 м. Породы, заполняющие трубки, представлены сланцами, песчаниками, аркозами и конгломератами с

Рис. 42. Схема расположения кимберлитов и находок алмазов в Бушменленде

1 — кимберлиты; *2* — алмазоносные кимберлиты; *3* — мелилитовые базальты, *4* — аллювиальные алмазы

признаками слоистости и содержат крупные блоки вмещающих пород, обвалившихся с бортов трубки. У бортов породы часто представлены угловатыми обломками гнейсов. Осадочные породы в трубках содержат остатки ископаемых лягушек, рыб и различные растительные остатки, которые в трубке Копьескрааль 5 прослеживаются до глубины 250 м. Местами породы в трубках переслаиваются с туфогенными кимберлитами.

3. Типичные кимберлиты обычно представлены трубками удлиненной формы (рис. 43), например Гамоен I и др., выполненными хардебанком с включениями более древнего кимберлита с обильным хромдиопсидом. Возраст трубок предположительно верхний мел или эоцен. Кимберлиты сложены хромдиопсидом, ильменитом, темно-красным гранатом, ортопироксеном, цирконом, магнетитом, биотитом, оливином, перовскитом, пиритом и баритом. Кимберлиты и мелилитовые базальты часто встречаются в пределах одной трубки (Таусеб, Клейн Катвлей и др.), а в трубке Комиебис в кимберлите имеются включения оливинового мелилитита.

Алмазы Малого Намакваленда отличны от алмазов Намибии. Алмазные россыпи чаще всего приурочены к устьям рек, что указывает на принос алмазов из глубины континента. Отсутствие в россыпях ряда кимберлитовых минералов возможно указывает на далекий их перенос.

В районе зал. Александра («устричная» и другие линии) преобладают октаэдры и гексоктаэдры, реже додекаэдры с округлыми гранями. Борта очень мало. Довольно часто встречаются бледно-желтые и голубовато-белые камни (так называемые «серебряные плащи») и слабо пятнистые алмазы. Средняя величина алмазов около 2 каратов. Они имеют следы износа.

Алмазы Клейнзее отличаются от всех остальных — они обычно матовые, с зеленоватым оттенком. Камни сильно изношены

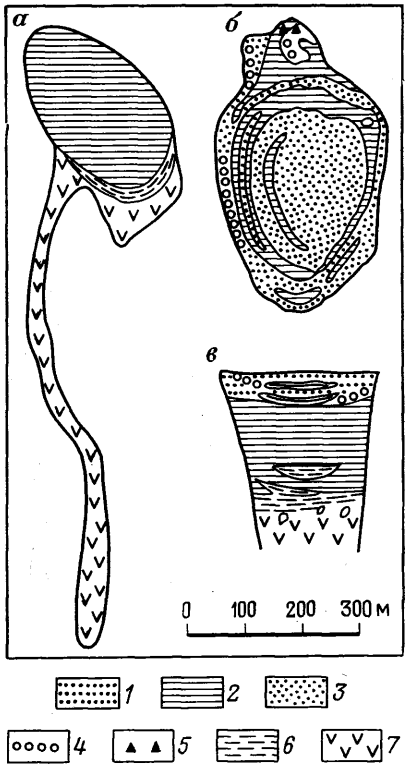

Рис. 43. Строение кимберлитовых трубок и даек в Бушменленде.

а — отношения между кимберлитовой трубкой и дайкой, *б* — одна из депрессий, выполненных осадками в районе Кап-Кап, которая, возможно, перекрывает кимберлитовую трубку, *в* — геологический разрез через трубку Копьескрааль 5, разбуренную до глубины 255 м.

1 — зона окремнения; *2* — сланцы; *3* — аркозы и крупнозернистые песчаники; *4* — конгломераты; *5* — брекчии; *6* — туфогенные кимберлиты; *7* — кимберлиты

и изобилуют серповидными трещинами. Осколков и двойников мало. В среднем весят 1,5 карата. В россыпи Дрейерс-Пан среди мелких алмазов преобладают додекаэдры (61%), а среди крупных — октаэдры (38%), додекаэдры составляют лишь 23%. Преобладают бесцветные камни, далее следуют зеленые, желтые и др.

Алмазы р. Буффельс в общем мелкие и сильно изношенные. В основном это камни с так называемыми «ледяными узорами». Размер камней 1—2 карата. Алмазы р. Олифантс более мелкие, чем в устье, но того же типа. В отличие от алмазов р. Буффельс они в большинстве более прозрачные, хорошего качества [Keyser U., 1972; Wagner P. A., 1928].

Очевидно алмазы Малого Намаквеленда имеют различные источники и, по-видимому, в большинстве приносились реками из глубины континента. Е. Реунинг [Reuning E., 1931] проследил перенос алмазов по р. Буффельс с верховьев до устья, источником их служат, по-видимому, кимберлиты Бушменленда, возможно еще не обнаруженные. Кимберлиты несомненно имеются и в верхнем течении р. Грин. Не исключено существование кимберлитов в пределах прибрежной полосы Атлантического океана.

Зузуленд. В долине р. Макатини между горами Лебомбо и Мкуце был найден один алмаз весом 11 каратов.

Свазиленд. В 1972 г. было обнаружено две кимберлитовые трубки и 79 даек, а в Элане на севере Свазиленда россыпь с мелкими алмазами, которая разведуется.

Лесото. В тектоническом отношении Лесото расположено на плите Карру-Калахари [Nixon P. H., 1973_1]. В ее пределах выделяются две геоморфологические области — низменная вдоль

западного края Высокого плато Южной Африки, сложенная осадочными породами с мелкими интрузиями системы Карру. Остальная часть страны гористая (хр. Дракенберг), покрытая в основном базальтовыми лавами Стормберга. Породы, распространенные в Лесото, принадлежат четырем сериям — Двайка, Экка, Бофорт и Стормберг, перекрытым толеитовыми лавами слоев Дракенберга. Осадочные отложения и нижние горизонты лав пересечены многочисленными дайками и силлами долеритов. Мощность большинства даек 3—6 м, но известны дайки мощностью до 150 м и протяженностью до 20 км. Кимберлитовые дайки и трубки моложе долеритов и, по-видимому, одновозрастны кимберлитам ЮАР. Большинство кимберлитов ориентировано по азимуту 80—140°. Мощность кимберлитовых даек достигает 8 м, но почти 70% их имеют мощность менее 1 м. Дайки часто имеют раздувы. Диаметр мелких трубок 70—200 м, а крупных 200—500 м. Крупные трубки часто сопровождаются более мелкими сателлитовыми.

В пространственном отношении можно выделить три района распространения кимберлитов — западный, центральный и восточный. Западный район расположен в бассейне нижнего течения р. Каледон. Наиболее крупные кимберлиты Бута-Буте и ассоциирующиеся с ними раздувы Секаменг, Коенаненг и др. (рис. 44).

Кимберлиты Бута-Буте представлены двумя вертикальными и параллельными зонами даек с несколькими раздувами. Мощность даек до 1,5 м, прослеживаются они на несколько километров. Трубка Секаменг состоит из трех разобщенных тел, размеры каждого 120×35 м. С трубкой связано 27 даек. Трубка практически лишена алмазов.

Центральный район распространения кимберлитов в основном находится в бассейне р. Малибаматсо. Наиболее крупные тела — трубки Као, Лихобонг, Таба Путса, Лемпхане и др. Главная трубка Као занимает площадь 19,8 га, а сателлитовая 3,2 га и ее размеры с глубиной уменьшаются. Главная трубка имеет форму неправильного овала с двумя ответвлениями размером 650×500 м. Сателлитовая трубка видимой связи с нею не имеет (рис. 45).

Трубка Као содержит шесть разновидностей кимберлита K_{1-6}. Кимберлит K_1 «кверри» возможно выполняет раздув в пределах главной трубки, далее следует K_2 «нижний кверри», сопровождаемый «гритти» K_3, а затем обломочный тип K_5, он частично ассимилирует «гритти», образуя переходной тип K_4, последнее внедрение представлено мелкообломочным типом K_6, развитым в северо-восточном ответвлении.

В сателлитовой трубке кимберлит K_5 слагает центральную часть трубки, а K_6 — восточную. Тип «кверри» серый, с вкрапленниками серпентинизированного оливина и пироксена, с 20—50% округлых ксенолитов измененного базальта и с высоким

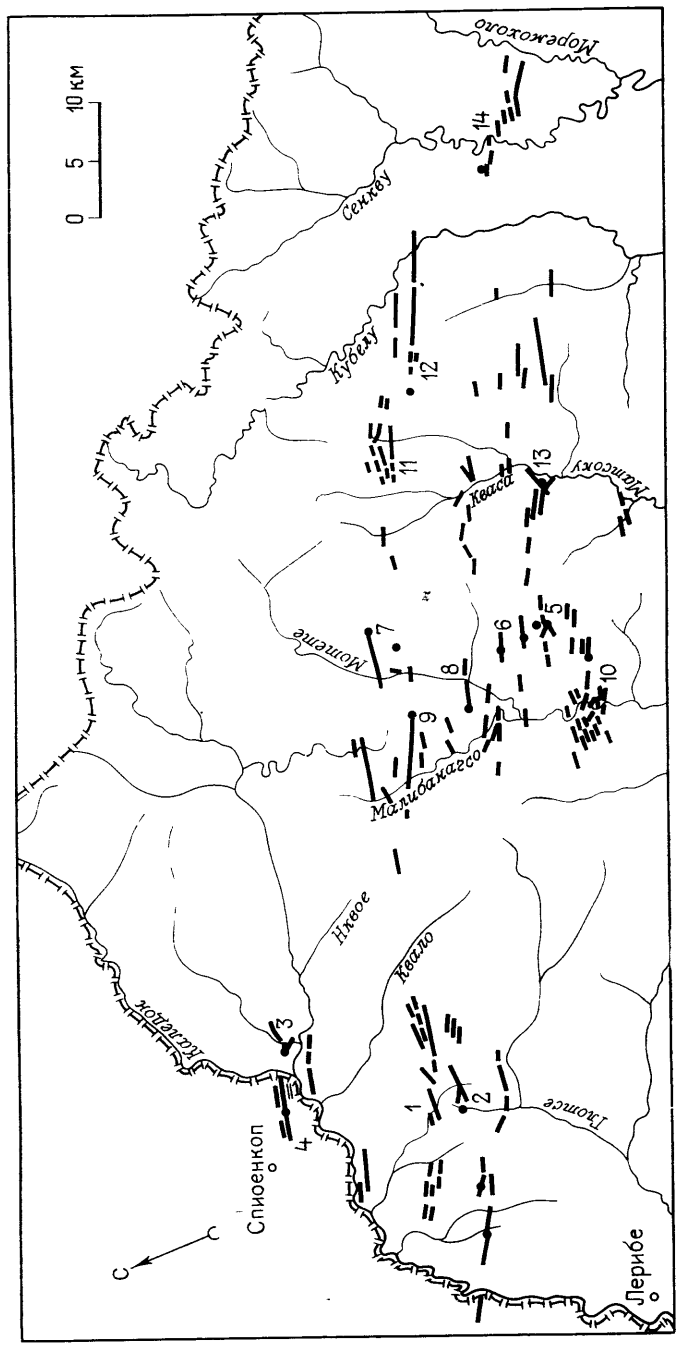

Рис. 44. Схема расположения кимберлитовых трубок в Лесото. По *П. Г. Никсону* [Nixon P. X., 1973$_1$].

1 — Бута-Буте, 2 — Секаменг, 3 — Хололо, 4 — Де-Вильерсдрифт, 5 — Као, 6 — Лихобонг, 7 — Таба Путсоа, 8 — Лемпхане, 9 — Сотане, 10 — Малибаматсо, 11 — Мотхае, 12 — Летсенг-ла-Терай, 13 — Матсоку, 14 — Роберт

содержание ильменита и алмазов. Тип K_2 более светлый и менее серпентинизированный, цвета хаки. Тип K_3 равномернозернистый, с коричневой основной массой и родственными включениями.

Кимберлит K_5, обломочный, голубовато-зеленый, однородный, с высоким содержанием циркона. Тип K_6 кимберлит мелкообломочный, периферийный, более мелкозернистый, с более округлыми ксенолитами.

Кимберлит сателлитовой трубки содержит больше оливина, пироксена, кальцита и ультраосновных включений, чем главная трубка. Содержание алмазов в Главной трубке 0,03—0,18 карата/т.

Главная трубка Лемпхане овальная, размер ее 250×300 м, занимает площадь 5,7 га. К ней примыкает сателлитовая трубка размером 12×17 м. По петрографическим признакам выделяются пять типов кимберлитов. Имеются две кимберлитовые дайки, не выходящие за пределы трубки.

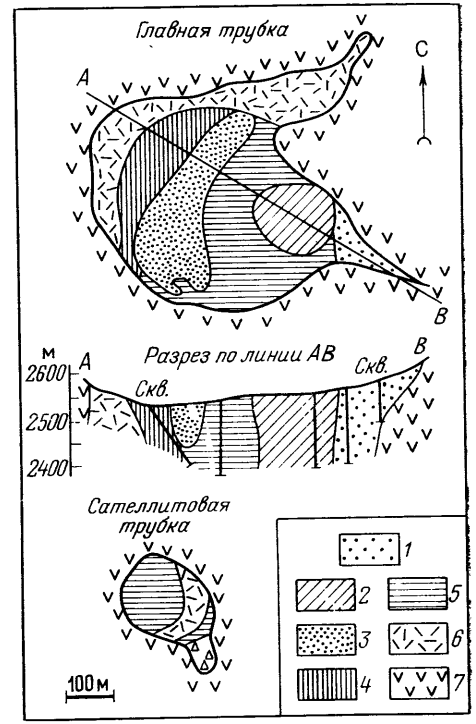

Рис. 45. Кимберлитовые трубки Као в Лесото. По *П. Г. Никсону* [Nixon P. H., 1973$_1$].

1—6 — кимберлиты: *1* — «кверри», K_1, *2* — «нижний кверри», K_2, *3* — «гритти», K_3, *4* — переходный, K_4, *5* — обломочный, K_5, *6* — мелкообломочный, K_6; *7* — базальты

Трубка Лихобонг овальная, диаметр ее 330 м, расположена на высоте 2650 м; диаметр сателлитовой трубки 95 м. Кроме того, на юго-востоке находится дайка, которая переходит в раздув. Кимберлиты трубок и дайки идентичны. Обнаружено еще несколько трубок, раздувов и жил, которые изучены весьма слабо.

Восточный район распространения кимберлитов расположен в бассейнах рек Матсоку, Кваги и Кубелу. Здесь установлен ряд трубок и даек кимберлитов, из которых основные Мотхае, Летсенг-ла-Терай, Матсоку и др.

Трубка Мотхае занимает площадь 3,8 га, расположена на высоте 2900 м и представляет собой два раздува, соединенных дайкой. Имеются четыре разновидности кимберлита, содержа-

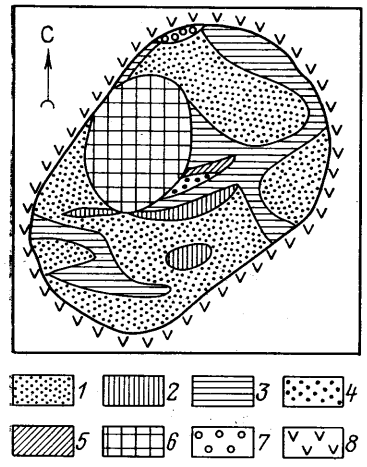

Рис. 46. План Главной трубки Летсенг-ла-Терай в Лесото. По *П. Г. Никсону* [Nixon P. H., 1973$_1$].

1—7 — кимберлиты: *1* — голубовато-серый, K_1, *2* — коричневый, K_2, *3* — серый, K_3, *4* — хардебанк, K_4, *5* — тонкозернистый, дунитовый, K_5, *6* — зеленовато-серый, серпентинизированный, K_6, *7* — твердый, темный, серо-зеленый, K_7; *8* — базальтовая лава

щего ильменит, гранат, пластинчатые сростки ильменита и клинопироксена, циркон и родственные включения. Содержание алмазов 0,02—0,03 карата/т. Для этой трубки типичны находки желвака слюдисто-гранатового лерцолита с двумя алмазами угловатой формы [Dawson J. B., Smith J. V., 1975].

Кимберлиты Летсенг-ла-Терай представлены двумя трубками, расположенными на высоте 3100 м, в 82 км от Лерибе. Главная трубка эллипсоидальная размером 540×365 м и занимает площадь 15,9 га. Трубка утоняется с глубиной, вероятно на глубине 1350 м она выклинится. Выделено семь разновидностей кимберлита. Трубка в основном выполнена древними кимберлитами K_1 и K_3, кимберлит K_2 более молодой и встречается в форме неправильных масс, дайкоподобных залежей и апофиз в пределах первых двух. Кимберлиты K_4, K_5 и K_6 распространены ограниченно. Кимберлит K_7 слагает зону мощностью 20 м между кимберлитами K_1 и K_3 (рис. 46) и лавами, K_6 наиболее обогащен алмазами.

Сателлитовая трубка имеет форму головастика и вытянута в длину на 425 м с максимальной шириной в 130 м и занимает площадь 4,7 га. Площадь трубки увеличивается с глубиной на 14% на каждые 100 м до глубины по крайней мере в 150 м. В Главной трубке ксенолитов осадочных пород, подстилающих базальты, не встречено, а в сателлитовой они имеются, очевидно эта трубка продолжается ниже базальтов. Выделяется до девяти разновидностей кимберлита невыясненной последовательности, так как имеются переходы между отдельными разностями.

Трубка Летсенг-ла-Терай характеризуется широким разнообразием родственных включений овоидной и дискообразной формы. Старателями трубка выработана до глубины 5 м. Установлена обогащенная зона размером 240×190 м. В настоя-

щее время производится ее детальная разведка, при которой в 1977 г. было получено 22 688 каратов алмазов. Предполагается начать добычу в 1978 г. Содержание в главной трубке 3,34 карата/100 т, в сателлитовой 2,5 карата/100 т.

Трубка Матсоку представляет собой небольшую диатрему на высоте 2840 м и прорывает базальты Дракенберга. Форма трубки не выяснена, предполагают, что она имеет овоидную форму и размеры 90×35 м. Содержание ксенолитов в среднем 20—30%, часто объем ксенолитов достигает 400 т.

Площадь Роберт расположена в восточной части Лесото в среднем течении р. Сенкву. Здесь известен ряд даек северо-западного и северо-восточного простирания с раздувами. Более подробные данные отсутствуют. До настоящего времени на территории Лесото обнаружено 33 трубки, 21 раздув и свыше 200 даек и жил. Россыпей мало, они небольшого масштаба и расположены в непосредственной близости от алмазоносных кимберлитов. Большинство трубок связано с разломами и с приуроченными к ним жильными кимберлитами. Для алмазоносной провинции Лесото характерно преобладание трещинных форм проявлений кимберлита над трубочными.

Основное отличие кимберлитов разных районов Лесото заключается в различном содержании в них кальцита, апатита, абсорбированной воды, перовскита, флогопита, сульфидов и различного рода ксенолитов. Кимберлит даек содержит больше летучих, чем кимберлит трубок. Кимберлиты Лесото отличаются от кимберлитов ЮАР повышенным содержанием титана и пониженным — калия (табл. 32). Большинство кимберлитовых тел Лесото в той или иной степени алмазоносны.

В пределах центральной площади алмазоносна трубка Лемпхане, в которой преобладают желтые алмазы и реже бесцветные с серым или коричневым оттенком. Около 80% представлено бесформенными обломками. Из кристаллографических форм чаще встречаются додекаэдроиды, реже триоктаэдры и октаэдроиды, комбинационные формы и двойники. Размер камней редко достигает 4 каратов.

Трубка Лихобонг. В главной трубке около 90% камней представлено обломками желтого цвета, реже бесцветного. Соотношение октаэдров к додекаэдрам 1 : 4. В алмазах много черных включений. Сателлитовая трубка содержит большее количество высококачественных камней желтого цвета хорошей огранки и меньшее — высококачественных белых. Преобладают додекаэдры.

Трубка Као. Изучено 2700 кристаллов из кимберлитов «кварри» и 2300 из других типов кимберлитов. Из кристаллических форм присутствуют октаэдры, ромбододекаэдры, уплощенные додекаэдры и реже двойники, агрегаты и кристаллы неправильной формы. С уменьшением размеров камней уменьшается количество октаэдров. Обломков содержатся 60—70%.

Таблица 32

Химический состав кимберлитов Лесото (в вес. %) *По П. Г. Никсону*

Название трубки	Тип кимберлита	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O^-	H_2O^+	CO_2	Сумма
Као	K_1	31,60	2,02	3,21	6,33	Не обн.	3,37	0,30	29,45	8,07	0,34	0,16	0,4	12,24		1,96	99,45
Летсенг-ла-Терай	K_6	37,36	1,19	5,84	4,46	0,12	4,46	0,14	21,53	6,95	1,13	0,94	0,38	4,51	6,88	3,61	99,50
То же	Сателлитовая трубка	36,18	0,92	5,41	3,87	0,14	4,44	0,12	21,22	7,86	0,51	0,32	0,23	6,09	7,98	3,78	99,07
„		38,12	1,88	6,34	4,70	0,13	5,24	0,15	22,77	8,46	0,58	0,37	0,43	1,51	7,96	0,35	98,99
Средний состав по 25 анализам		33,21	1,97	4,45	6,78	0,17	3,43	0,17	22,78	9,36	0,79	0,19	0,65	2,66	8,04	4,58	99,23

Преобладают бесцветные камни, затем следуют коричневые и далее желтые. Многие камни содержат включения. Размер 80—85% алмазов меньше 4 мм. Из крупных камней в трубке Као в 1969 г. был найден беловатый алмаз с некоторыми дефектами размером 155,25 карата и октаэдр бледно-коричневого цвета ювелирного качества размером 338 каратов, а также другие камни размером более 100 каратов.

В восточной площади алмазы встречены в трубке Мотхае. Преобладают камни меньше 0,1 карата коричневого и реже серебристо-серого цвета. Среди кристаллографических форм распространены алмазы переходного от октаэдра к додекаэдру типа, часто с округлыми гранями. Двойников 20%, обломков около 50%. В результате предварительной разведки трубка признана непромышленной.

Трубка Летсенг-ла-Терай характерна отсутствием октаэдров, здесь преобладают округлые неправильной формы и уплощенные додекаэдры. Много двойников, кубы отсутствуют. Цвет алмазов коричневый, переходящий в светло-желтый и бесцветный с желтоватым оттенком. Включений почти нет, за исключением черных включений (графита?). Размер камней редко превышает 4 карата. Из крупных ювелирных камней встречены алмазы размером 601,25; 527; 103,5 карата. Трубка выработана старателями до глубины 4,5 м.

Таким образом, среди добываемых в Лесото алмазов преобладают обломки и камни неправильной формы коричневого и желтого цвета, в основном додекаэдрические кристаллы. Кубы отсутствуют. Ежегодная добыча алмазов в Лесото не превышает нескольких тысяч каратов, но имеются все перспективы к ее увеличению.

Намибия расположена на побережье Атлантического океана и протягивается от устья р. Оранжевой на север до границы с Анголой по р. Кунене [De Kun N., 1965; Wright J. A. 1964; Hodgen R. W., 1974]. Северная ее часть расположена в пределах плиты Окаванго, сложенной серией Носиб верхнего докембрия, представленной красноцветными породами — песчаниками внизу и сланцами и филлитами вверху. В Кооковельде она перекрыта серией Отави (ярусы Абекат и Цумеб), образованной известняками, доломитами, тиллитами и другими пологозалегающими породами и перекрытыми аркозами и граувакамн верхов системы Нама.

Южная часть Намибии находится в пределах Митумба-Дамарского пояса и плиты Карру-Калахари, сложенной системами Аббабис и Дамара и древними гранитами и гнейсами докембрийского возраста. Выше залегают свиты Отави, Конкип и др., перекрытые породами системы Нама. На востоке эти породы лежат под отложениями Карру (свиты Куибис, Шварцкальк, Фишривер и др.) и прорваны молодыми гранитами и кимберлитами.

Намибия занимает части Южно-Африканского плато с высотами 1200—1700 м и внутреннего бассейна пустыни Калахари. Поверхность плато, известного под названием Большого Намаквеленда, слабо наклонена в сторону пустыни Калахари. Прибрежная зона шириной 25—135 км, называемая пустыней Нама, покрыта в основном эоловыми песками и щебнем. Граница между пустыней Нама и плато фиксируется рядом возвышенностей и не имеет такого крутого обрыва, как в Анголе и Капской провинции. Берег океана местами скалистый, иногда отлогий и покрытый дюнами.

В пределах Намибии разрабатываются исключительно россыпные месторождения, вытянутые вдоль берега полосой шириной 5—20 км. Наиболее северной является группа россыпей Кооковельд (Берег Скелетов), расположенная вдоль берега океана от р. Хоаниб, протекающей на севере в 270 км к югу от границы с Анголой, до рек Муаб и Угаб и вытянутая более чем на 200 км. Разрабатываются пляжевые и россыпи морских террас на высоте 4,5, 8,5, 15 и 22,5 м. Средние размеры алмазов уменьшаются с юга на север от 0,20 до 0,12 карата. Предполагается, что алмазы принесены на побережье реками Муаб и Угаб.

Далее, до гавани Сандвич на юге Свакомунда, следует пустая зона Свакомунд протяженностью 320 км. Южнее расположена площадь 2 (к северу от 26° ю. ш.) протяженностью 270 км

при ширине 75 км. Работы производятся на участках Атлантик 1—6 и Офир 1—8, находящихся в Седдле-Хилл к северу от бухты Людерица в районе бухты Спенсер и зал. Меоб. Для этой площади характерно развитие мощного пояса дюн вдоль побережья океана. Лишь в районе зал. Меоб дюны отступают от берега, оставляя прибрежную полосу шириной около 10 км. На этой площади разрабатываются морские алмазоносные террасы на участках Спенсер, Седдле-Хилл, Ауостер Клифф и зал. Меоб. На этих участках мощность песчаных наносов 22,5 м, а содержание алмазов 2,92 карата/м^3.

Площадь 1, расположенная к югу от 26° ю. ш., протягивается до устья р. Оранжевой на 350 км при ширине до 60 км. Она известна под названием Сперргебиет. Эта площадь разделяется на две части — южную и северную. Северная площадь протягивается более чем на 100 км до Аффенруккена на юге, а южная — на 72 км до устья р. Оранжевой при ширине полосы 2,5 км.

На северной площади в районе бухты Елизаветы с 1930 по 1933 г. было добыто свыше одного миллиона каратов с содержанием 0,05 карата/м^3. Алмазы мелкие, в среднем размер их 0,1—0,15 карата.

В районе Помона, находящемся южнее бухты Людерица, расположено знаменитое месторождение Идаталь, где добыто также свыше одного миллиона каратов при средней величине алмазов 0,3—0,35 карата. Оно находится в депрессии длиной 14 км при ширине 1200 м, вытянутой в меридиональном направлении, и заключено между холмами высотой до 50 м [Bardet M. G., 1974]. Эта депрессия сложена кварцитами, более устойчивыми, чем окружающие гнейсы. Алмазы заключены в дифляционных образованиях, сложенных угловатыми обломками кварца местного происхождения без следов окатанности. Алмазы скапливались на южных концах понижений. Подобные месторождения известны и в соседних долинах Герксен, Кессем, Шейбетал на востоке и Аннаталь на западе.

На участке Богенфельс, расположенном в 100 км южнее Людерица, разрабатывались дифляционные месторождения древних русел на отметках +4 м. В Бунтфельдшубе имеются более древние галечники эоценового возраста, которые рассматриваются как вторичные коллекторы современных россыпей. Небольшая добыча алмазов производилась на о. Посешен в бухте Елизаветы из песчано-глинистых отложений, перекрытых слоем гуано на протяжении 3,5 км, при ширине 0,5 км. На дне бухты Людерица обнаружена морская алмазная россыпь, которая разрабатывалась драгами. Она прослеживалась от нижнего уровня воды на 600 м в глубь океана.

На прииске Габис 1 разрабатывалась аллювиальная россыпь в долинообразном понижении на высоте 215—220 м над уровнем океана. На этом участке отдельные алмазы находили непосредственно на поверхности палеозойского фундамента среди маломощного прослоя галечника. Большинство месторождений северного участка уже выработано.

В пределах южного участка выделяются пять зон, вытянутых вдоль побережья океана на 16 км каждая. С юга на север выделяются зоны: Оранжмунде, или зона Ж, Убвлей, или зона Ю, Миттаг, или зона М, Керд-хоек, или зона К, и Аффан, или зона Х. Наиболее продуктивна зона Ж, расположенная до 5—6 км от морского берега в районе устья р. Оранжевой. Разрабатываются россыпи двух морских террас. Нижняя терраса высотой 3,6—9 м при ширине 180—240 м отстоит на 800 м от берега океана. Верхняя терраса высотой 15—18 м при ширине 120—180 м находится в 1,5—2 км от океана. Плотик террас неровный. Мощность алмазоносных галечников 0,6—0,9 м, они перекрыты песками мощностью 7,5—9 м. Алмазы приурочены к западинам плотика и встречаются среди наиболее крупного материала, сложенного крупными валунами и галькой в песке, иногда сцементированного известью.

В 1961 г. были открыты морские россыпи алмазов, расположенные на шельфе за пределами зоны прибоя на глубине 14—32 м. Россыпи шириной до 5 км вытянуты параллельно берегу океана. Мощность их 13—18 м; сложены они гравийно-песчаным материалом. Выявлены две промышленные россыпи: одна в бухте Чамеис в 113 км к северу от устья р. Оранжевой, а вторая у о. Плум-Пуддинг. Площадь первой россыпи 8 800 000, второй — 3 250 000 м^2. Морские россыпи располагаются двумя полосами, параллельными берегу. Первая находится непосредственно за зоной прибоя на глубине до 36 м и имеет ширину 1,5 км. Вторая найдена дальше от берега, на глубине 60—90 м. Эксплуатировалась лишь первая полоса с содержанием 3,68 карата/м^3. Алмазы распределены по всей мощности россыпей. Работы прекращены за нерентабельностью добычи.

Алмазы морских россыпей мельче, чем береговых. Средний размер их в бухте Чамеис 0,4 карата. Коренной источник алмазов Намибии неизвестен. Имеется несколько гипотез.

1. Алмазы принесены «сухими» реками из глубины континента (из Трансвааля, Оранжевой Республики и т. д.).

2. Алмазы происходят из кимберлитов, еще не обнаруженных и находящихся или на дне океана, или под мощным песчаным покровом на континенте. Рейнинг проследил путь алмазов от Трансвааля до побережья океана вдоль р. Оранжевой, что дает веское подтверждение первой гипотезе.

В пределах Намибии известны лишь неалмазоносные кимберлиты [Janse A. J. A., 1975]. Всего обнаружено 46 трубок и 16 даек в районе Гибеона и Мукороба (рис. 47). Форма и размеры трубок изменяются от 10 до 400 м (рис. 48). Они обычно приурочены к разломам, на которых местами располагаются 2—3 трубки. Большинство выходов кимберлита сложены голу-

Рис. 47. Схема расположения кимберлитовых трубок в провинции Гибеон, в Намибии. По *А. Дж. Янзе* [Janse A. J., 1975].

1 — кимберлиты; *2* — карбонатиты. Трубки: 1 — Гибеон, 2 — Каитцуп и Каудус, 3 — Амалия, 4 — Дикдорн, 5 — Мукороб, 6 — Дейтшен Эрде, 7 — Лавренсия, 8 — Лихтенфельс, 9 — Овас, 10 — Гатциум, 11 — Бруккарос

боватой или зеленоватой породой с многочисленными мелкими вкрапленниками и обломками вмещающих пород, в том числе и более древних кимберлитов. Различают два типа хардебанка. Первый тип (Амалия 1, Гибеон-резерв 1, Груендорн 1, Гатциум 1) представлен серовато-черной породой с многочисленными мелкими округлыми вкрапленниками оливина, продолговатыми и уплощенными граната и ильменита в тонкозернистой основной массе. Второй тип (Гибеон, Таунленд 2, Гибеон-резерв 2, Лихтенфельс 1) — светло-зеленая брекчия с многочисленными обломками выветрелых сланцев и песчаников с небольшим количеством пиропа и ильменита. Кроме ксенолитов вмещающих пород известны включения, богатые оливином, пироксеном, гранатом, плагиоклазом и амфиболом.

По периферии кимберлитовой провинции Гибеон известны карбонатитовые дайки Мукороб, Гатциум, площадь Овас в Берсеба и др., т. е. химический состав кимберлитов Намибии (табл. 33, 34) близок к составу кимберлитов многих других провинций. Монтичеллитовые перидотиты отличаются от кимберлитов повышенным содержанием TiO_2, Al_2O_3, FeO, Na_2O и K_2O и пониженным MgO, P_2O_5 и CO_2.

Ни в одной пробе кимберлитов алмазов обнаружено не было. Часть кимберлитов Намибии перекрыта долеритами и амигдалоидными базальтами, поэтому не исключено, что в пределах Намибии имеются еще не вскрытые трубки кимберлита, возможно содержащие алмазы.

Кроме того, в Намибии имеются породы, которые нельзя отнести к кимберлитам. Эти породы обычно располагаются по периферии провинции Гибеон, к ним относятся Гатциум в северной части, Мукороб и Амалия в восточной, Овас в западной и комплекс Бруккарос в южной части. Они сложены породами,

богатыми карбонатами. Например, комплекс Гатциум состоит из трубки Гатциум — округлой с диаметром около 110 м, и связанной с нею дайкой мощностью 2 м и купола. Юго-восточная часть трубки Гатциум выполнена однородным богатым карбонатами хардебанком с многочисленными вкрапленниками граната и ильменита, а центральная часть — мягкой рыхлой породой с многочисленными октаэдрами магнетита в желтой землистой основной массе, сложенной преимущественно апатитом. Дайка причленяется к юго-восточной части трубки и имеет юго-восточное простирание. Она сложена серой плотной карбонатной породой с линзами более светлой зернистой карбонатной породы с неправильными массами менее плотной карбонатной породы и в целом напоминает полностью карбонатизированную кимберлитовую брекчию.

Рис. 48. Форма и размеры кимберлитовых тел провинции Гибеон

Алмазы отдельных месторождений Намибии по качеству мало отличаются друг от друга. Все они высококачественные, 90—95% относится к ювелирным сортам. Камни размером менее 2 мм составляют 0,1% от общей добычи. Величина алмазов уменьшается к северу от устья р. Оранжевой. В устье средний размер алмазов около 2,5 каратов, а на севере, в районе Кооковельд — всего 0,12—0,2 карата. Средний размер камней, добытых в 1975 г. на площади 1, 0,73, а в 1976 г. 0,95 карата. Самые крупные камни, добытые в Намибии, весили 236 (1936 г.), 180 (1955 г.), 138 (1961 г.) каратов. Крупных камней размером свыше 100 каратов мало. Камни носят явные следы износа и некоторые из них в результате этого приобрели шаровидную форму.

Из кристаллографических форм встречены октаэдры, додекаэдры, двойники и др. Октаэдры преобладают на юге, а додекаэдры — на севере, в районе Кооковельд; кубы отсутствуют. Из общей добычи прозрачные бесцветные разности составляют 60%, прозрачные с желтоватым оттенком 30%, желтые 6%, зеленоватые и голубоватые 1%, пятнистые, коричневые, черные технические камни 3% [Bardet M. G., 1974].

Таблица 33

Химический состав кимберлитов Намибии (в вес. %) [Jonse A. J. A., 1974]

Название трубки	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	H_2O^-	H_2O^+	P_2O_5	CO_2	Сумма
Гибеон-резерв 2	33,00	1,15	2,20	6,27	4,19	0,19	27,00	12,49	0,30	0,70	7,61	0,90	3,52	101,62
Амалия 1	30,67	0,82	2,34	6,28	2,47	0,15	20,40	16,94	0,21	0,18	9,51	1,10	10,76	101,83
Гатциум	25,00	1,17	2,40	7,69	0,99	0,15	26,00	15,90	0,20	0,41	9,60	1,40	11,63	102,54
Блюе Хилл (монтичеллитовый перидотит)	31,16	3,44	5,63	7,32	9,04	0,27	20,18	17,09	2,12	1,52	1,45	0,28	0,62	100,12

Аналитик Dr. G. Hornung.

Таблица 34

Распределение следов элементов в породах Намибии (в $n \cdot 10^{-6}$) [Jonse A. J. A., 1974]

Название трубки	Ba	Be	Co	Cr	Ga	La	Li	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Ti	V	Y	Zr
Гибеон-резерв 2	>1000	3	60	>1000	<10	200	5	2000	7	250	1300	30	100	10	700	>3000	200	30	190
Амалия 1	>1000	<3	45	>1000	<10	200	50	3000	<3	200	1200	10	200	<10	800	>3000	120	<30	100
Гатциум	>1000	<3	35	>1000	<10	200	17	2500	<3	150	1100	25	350	15	600	>3000	200	<30	100
Блюе Хилл (монтичеллитовый перидотит)	220	<3	60	700	13	450	<10	2000	5	240	450	10	70	20	1000	>1000	110	65	200

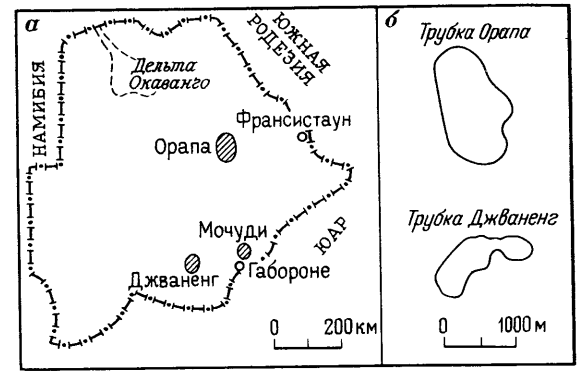

Рис. 49. Схема распространения кимберлитовых площадей (*а*) в Ботсване и форма трубок кимберлитов (*б*)

В 1976 г. в Намибии было добыто 1 693 994 каратов со средним содержанием 13,15 карата/100 т. Основная масса алмазов получена из пляжевых россыпей, меньшая — из морских террасовых россыпей. Разработка морских россыпей в последние годы была прекращена из-за нерентабельности добычи (мелкие камни, высокая стоимость добычи и неблагоприятные метеорологические условия).

Ботсвана. В структурном отношении она расположена в пределах Карру-Калахарийской плиты и в юго-западной части Митумба-Дамарского пояса, перекрытых породами системы Карру и более молодыми [Baldock J. W. e. a., 1976]. В пределах Ботсваны имеются лишь коренные месторождения алмазов, связанные с кимберлитами. Известны две площади распространения кимберлитов — северная и южная (рис. 49).

Северная площадь, или площадь Орапа, находится в Северной Ботсване, в 250 км к западу от г. Франсистаун. На этой площади известно свыше 30 кимберлитовых трубок, наиболее крупная и богатая трубка Орапа (АК-1) размером 1560×950 м и площадью 110 га. По величине она является второй в мире, уступая лишь трубке Мвадуи в Танзании. Форма трубки на поверхности овальная, но с глубиной становится удлиненной и уменьшается по размерам. Так, на глубине 120 м размеры ее уменьшаются на 20%.

С поверхности до глубины 100—150 м вмещающие породы представлены базальтами серии Стормберг, ниже песчаниками Каве системы Карру, а на глубине 300 м — породами серии Экка. На поверхности трубка перекрыта эоловыми песками, под которыми располагаются черная почва и калькрет, общая мощность их 0,3—9 м. До глубины 85—90 м трубка выполнена осадочными породами с обломками кимберлита (жерловая, или кратерная часть трубки). Район трубки представляет собой дно бывшего озера, в осадках которого встречаются алмазы. Периферическая зона трубки сложена крупнозернистыми песками —

продуктами перемыва выбросов трубки, а центральная зона — сланцами и аргиллитами, переслаивающимися с более крупнозернистыми отложениями. Осадочные отложения кратерной части трубки отличаются большой изменчивостью содержания алмазов вследствие процессов сортировки материала при заполнении трубки. Более половины «осадочного» кимберлита сложено среднезернистыми отложениями с содержанием 2,5 карата/м³, крупнозернистые разности имеют весьма изменчивое содержание алмазов, а мелкозернистые обычно бедные. На глубине 37 м содержание алмазов 2,2 карата/м³, а запасы их до этой глубины исчисляются в 85 млн. каратов, а в окружающих поверхностных песках 6 млн. каратов.

Первичный кимберлит встречен лишь на глубине 85—90 м и представлен туфогенным кимберлитом с многочисленными обломками базальта. Он сильно изменен и содержит вкрапленники серпентинизированного оливина, граната, пикроильменита, клинопироксена и слюды. Кимберлит содержит следующие компоненты (в вес. %):

SiO_2	40,25	CaO	5,85
TiO_2	1,10	Na_2O	0,40
Al_2O_3	2,95	K_2O	1,20
Fe_2O_3	5,70	P_2O_5	0,28
FeO	3,15	H_2O^-	3,40
MnO	0,10	H_2O^+	6,55
MgO	25,80	CO_2	3,25
		Сумма	99,98

Содержание отдельных элементов в кимберлите (в 10^{-6}%):

Ni	1055	Co	82
Ag	1	Cu	59
Sn	2	V	112
Mn	1106	Mo	7
Ge	6	Ga	10
Sr	580	Pb	7
Ba	1350	B	20
Cr	830	Be	13
Yb	3	Cd	6
Sc	12	Zn	33
Y	27		

Алмазы из трубки Орапа относительно мелкие. Наиболее крупный весил 46 каратов. Ювелирные разности составляют

15%. Трубка разведана на 300 м. За все время добычи, с 1970 по 1976 г. было добыто около 14 млн. каратов. Ежегодная производительность рудника 2,5 млн. каратов, в ближайшие годы предполагается довести эту добычу до 4,5 млн. каратов.

Трубка ДК-1 расположена на невысоком холме, в 45 км юго-юго-восточнее трубки Орапа и занимает площадь в 12 га. Она перекрыта песками с базальными алмазоносными галечниками в основании. Мощность галечников около 2 м, содержание алмазов 0,4 карата/м³. Первичный кимберлит до глубины 37 м содержит около 2 млн. каратов с содержанием 0,5 карата/м³. Камни трубки ДК-1 по качеству лучше алмазов трубки Орапа.

Трубка ДК-2 расположена в 400 м от трубки ДК-1 и занимает площадь 3,5 га. Содержание в ней алмазов до глубины 30 м 0,4 карата/м³. Трубки ДК-1 и ДК-2 промышленные и на них предполагается начать добычу алмазов с производительностью 320 тыс. каратов в год.

Очень маленькая трубка АК-2 площадью 0,9 га расположена у южной оконечности трубки Орапа. Содержание в ней алмазов 3 карата/м³ в «остаточном» кимберлите до глубины 30 м. Остальные 26 трубок в группе Орапа очень слабо изучены. Только трубка ВК-9, которая занимает на поверхности площадь в 10 га, содержит алмазов 0,4 карата/м³. Четыре другие выхода кимберлита имеют площадь 0,5—3 га и содержат 0,2—0,4 карата/м³ алмазов. Остальные пять выходов содержат лишь 0,1—0,2 карата/м³ и являются непромышленными.

Площадь Джваненг в районе Нгвакетсе в Южной Ботсване содержит под наносами четыре трубки. Эти кимберлиты прорывают протерозойский платформенный покров гранитного кратона. Они внедрились в посткарровое время, когда уже существовала архейская тектоника, деформации протерозойской платформы и домезозойская складчатость. Все трубки алмазоносные, но не разведаны. Наиболее крупная трубка занимает 44 га и имеет изогнутые контуры. Содержание в ней алмазов выше, чем в Орапе, ювелирные разности составляют 20%. Трубка перекрыта песками Калахари мощностью 30—50 м. Начало добычи предполагается в 1982 г. с производительностью 3,5 млн. каратов.

Площадь Мочуди в юго-восточной Ботсване содержит три пустых трубки. Более подробных данных не имеется.

Алмазоносность Ботсваны не исчерпывается, по-видимому, описанными выше трубками, так как есть пока еще не исследованные участки с повышенным содержанием минералов-спутников кимберлита. Алмазных россыпей в Ботсване пока не обнаружено. Имеются лишь находки отдельных алмазов в аллювии верхнего течения р. Макмости на площади Фалей и на реках Молока и Птизона на территории Бангвакетса. Возможно су-

ществование алмазных россыпей в дельте р. Окаванго и на оз. Макгадикгади, куда поступал материал, сносимый из района распространения кимберлитов.

Замбия. В структурном отношении Замбия расположена на Касаи-Ангольском щите и Митумба-Дамарском поясе [Paul D. K., Potts P. J., 1976]. Поверхность Замбии представляет собой волнистое плоскогорье с высотами до 1000—1500 м. Речные долины рассекают это плоскогорье на ряд отдельных плато. Так, в западной части страны между реками Замбези и Кафуэ на юге известно плато Батока, а на севере — плато Батукумбуа. На северо-востоке страны водораздел Чамбези и Луангва представлен горами Мучинга высотой до 1840 м. Протекая по плоскогорью, крупные реки имеют равнинный характер, спокойное течение и широкие, иногда заболоченные долины, а там, где реки пересекают кристаллические породы, на них возникают пороги и водопады. Мелкие реки текут в узких и глубоких долинах.

Согласно С. Г. Хоутону [1966], наиболее древними породами Замбии является комплекс основания, развитый в восточной и центральной частях страны. Выделяются два комплекса пород основания: нижний, или сланцы Луфубу, представленные амфиболитовыми сланцами и гнейсами, и верхний — система Мува — массивные кварциты и кварцитовые сланцы с прослоями слюдяных сланцев и филлитов, обнажающихся в верхней части долины р. Луангва на северо-востоке Замбии и образующих широкую полосу между городами Лусака и Форт-Джемсон.

Постмувские отложения сложены свитой Роан, которая разделяется на две толщи — Нижний и Верхний Роан. Нижний Роан в основании сложен базальными конгломератами, выше которых располагаются аркозы, полевошпатовые песчаники, доломиты, филлиты, аргиллиты и др. Верхний Роан представлен доломитами, доломитовыми сланцами с прослоями песчаников и кремней. В районе Мумбви песчаники и глинистые сланцы, перекрывающие известковые породы Верхнего Руана, объединяются в свиту Верхняя Катанга, породы которой прорваны многочисленными гранитными телами.

Северная часть прогиба Замбези, выполненная осадками Карру, расположена на территории Замбии. Нижние горизонты этого прогиба выполнены ледниковыми образованиями. Кроме этого прогиба породы Карру известны в широкой долине, дренируемой р. Луангва и ее притоками, где они сохранились в рифтовой долине. Параллельно долине Луангва, западнее ее нижнего отрезка, находится долина р. Луано, которая также является рифтовой и в которой тоже распространены породы системы Карру. Выделяют три обособленных района распространения лав Стормберга: один на северо-востоке округа Твембе, второй в 16 км юго-восточнее г. Кафуэ и третий на северо-западе Замбии, на границе с Анголой.

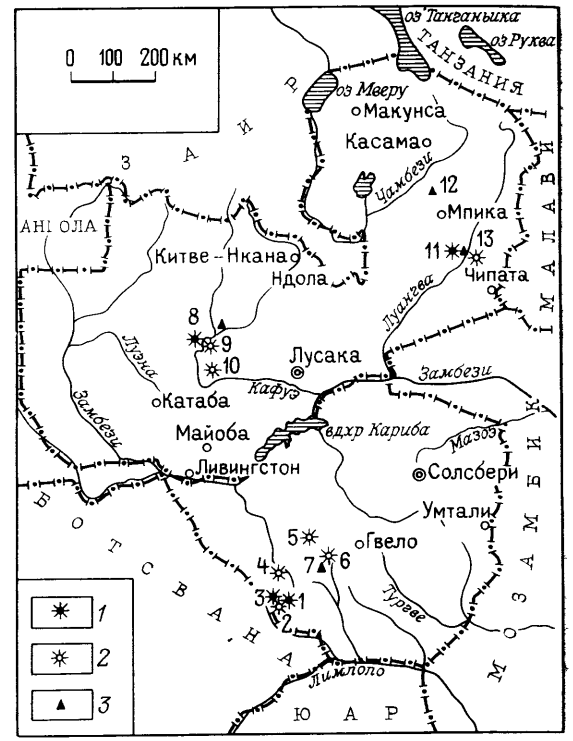

Рис. 50. Схема расположения кимберлитов и отдельных находок алмазов на территории Замбии и Зимбабве.

1 — алмазоносные кимберлиты; *2* — неалмазоносные кимберлиты; *3* — находки россыпных алмазов.
1 — силл Весельс, 2 — пустые трубки, 3 — трубка Колосс, 4 — трубка Фрейс, 5 — трубка Клэр, 6 — Вудэнд, 7 — россыпи Сомабула, 8 — участок Кофвала, 9 — участок Чипили, 10 — участок Кола, 11 — участок Капамба, 12 — участок Мпика, 13 — участок Пэнела

В Центральной провинции Замбии имеется ряд жерловин с кольцевыми структурами в области развития пород Верхнего Карру в долине р. Руфунсы. Эти жерловины выполнены карбонатитами и известковистыми пирокластами. Кроме того, в нескольких районах Замбии известны кимберлиты посткарруского возраста.

В Замбии алмазных месторождений неизвестно, имеются лишь отдельные находки кимберлитов и алмазов. По данным компании Де-Бирс, производящей поисковые и разведочные работы на алмазы на территории Замбии, алмазы и кимберлиты обнаружены в следующих районах (рис. 50).

Основные работы производились в Центральной провинции в пределах национального парка Кафуэ, расположенного в 45 км от дороги Мумбве — Каома на участках Кофвала (8), Чипили (9), и Кола (10). На площади Кофвала обнаружен ряд кимберлитовых тел. Наиболее крупная трубка К-3 вытянута в меридиональном направлении на 420 м при минимальной ширине 150 м. Она имеет серповидную форму с рядом выступов и сложена тремя разновидностями кимберлита:

1) более или менее однородным массивным кимберлитом зеленого цвета с большим содержанием измененного изверженного материала, пронизанного небольшими прожилками кальцита с мелкими (до 1 см) ксенолитами красного аргиллита и округлыми включениями базанита (?). Этот кимберлит слагает около 50% площади трубки;

2) в северной части трубки встречен массивный красный кимберлит с большим количеством ксенолитов осадочных пород. Он сильно карбонатизирован и более мягкий и рыхлый, чем зеленый. Прожилки кальцита отсутствуют;

3) третья разновидность представлена коричневым брекчиевидным кимберлитом с тонкозернистой основной массой и с более крупными, чем в зеленом и красном кимберлитах, ксенолитами (до 10 см) красно-коричневого аргиллита.

Гранат и ильменит встречены во всех разновидностях кимберлита. Слюды мало, больше всего ее в красном кимберлите.

К юго-востоку от трубки К-3 известны трубка К-6а размером 25×18 м, выполненная коричневым кимберлитом, и две более мелких трубки — К-6а (35×17 м) и К-6с (22×11 м). Эти трубки возможно, связаны с трубкой К-3 системой жил. Вмещающие трубки породы представлены аргиллитами и сланцами, тонкозернистыми песчаниками и мергелистыми известняками свиты Карру. Латериты развиты лишь по кимберлитам и красным аргиллитам.

Из трубки К-3 взята проба объемом 118 м³ и в ней обнаружено семь алмазов общей массой 0,055 карата, а из трубки К-6 взято четыре пробы объемом 127 м³, которые оказались пустыми. Работы на площади 8 прекращены.

На участке Чипили под латеритами найдена трубка К-9 размером 45×15 м, выполненная зеленым кимберлитом с 60% ксенолитов гранитов, аргиллитов и сланцев и содержащая вкрапленники граната, ильменита и хромдиопсида. Алмазов нет, но встречены минералы кимберлитов в аллювии устья р. Чипили, впадающей в р. Кафуэ.

На участке Кола (10) обнаружены три небольшие трубки кимберлита, вытянутые в северо-западном направлении и выполненные зеленым кимберлитом с ксенолитами более древнего. Алмазов не найдено.

Поиски алмазов и кимберлитов производились также в восточной части Замбии, на участках Капамба (11), Мпика (12) и Пэнела (13).

Участок Капамба расположен в бассейне р. Луангва. Здесь обнаружено 14 трубок и четыре дайки кимберлита, приуроченных к рифтовой долине, выполненной осадочными породами Карру. Площадь распространения кимберлитов совпадает с границами складчатой зоны Ирумиде. Вытянутость трубок и простирание даек северо-западное. Наиболее крупная трубка Р-1 размером 915×975 м выполнена стратифицированным кимберлитом нескольких разновидностей с большим количеством ксеногенного материала. Найдено 67 алмазов с общей массой 4,73 карата. Среднее содержание алмазов около 0,25 карата/м³. Опробование остальных трубок участка Капамба (общий объем 1200 м³) дало 10 каратов мелких алмазов.

На участке Мпика-Лувавала в аллювии р. Маншуа и ее притокам найдено 12 алмазов общей массой 0,036 карата. Спутники алмазов по кимберлитам отсутствовали. Коренные источники алмазов этого участка неизвестны.

На участке Пэнела спутники алмазов по кимберлитам были обнаружены по рекам Рукузи и Чизенгалези. Найдена овальная кимберлитовая трубка размером 275×150 м в истоках одного из западных притоков рч. Пэнела. Трубка залегает в кварцитах. Кимберлит ее содержит до 40% ксенолитов сланцев, амфиболитов, кристаллических сланцев и гнейсов. Взята проба объемом 158 м³, алмазов не обнаружено.

Следовательно, перспективы алмазоносности Замбии остаются неясными и требуют дальнейших исследований, тем более что поисковыми работами на алмазы освещена лишь незначительная площадь страны.

Зимбабве. Алмазные площади расположены в западной части Зимбабве — довольно высокой стране, 21% которой находится на высотах свыше 1200 м. Плато Зимбабве в структурном отношении представляет собой огромный купол, сложенный главным образом гнейсами и гранитами с подчиненным количеством кристаллических сланцев осадочного и изверженного происхождения. По краям этого купола располагаются более молодые осадочные породы, наклоненные в сторону от купола. В пределах Зимбабве известны как коренные, так и россыпные месторождения.

Коренные месторождения алмазов найдены к западу от Гвело в районе Комбо в бассейне правых притоков р. Замбези. Всего известно пять кимберлитовых трубок, несколько даек и один силл.

Наиболее крупная трубка Колосс размером 900×500 м занимает площадь около 35 га. Она прорывает граниты недалеко от их контакта с долеритами и перидотитами. Кимберлит трубки Колосс слюдяной и с поверхности превращен в желтую землю. В свежем состоянии это порфировая порода с вкрапленниками оливина, флогопита, граната, диопсида и ильменита. Основная масса состоит из оливина, авгита, флогопита, апатита, перовскита и кальцита. Ксенолиты представлены гранитом, долеритом и др. Имеются желваки эклогитоподобных пород. Трубка Колосс расположена на разломе, к которому приурочен ряд мелких трубок и даек кимберлита. Трубка некоторое время эксплуатировалась на алмазы. Мелкие трубки (Фрейс, Клэр, Вудэнд и др.) алмазов не содержали.

Силл Весельс расположен в 55 км к северо-востоку от г. Булавайо. Длина силла не менее 360 м при мощности 2,4 м. Он наклонный, с падением 16° на запад-юго-запад. Книзу он утоняется и распадается на ряд прожилков. Кимберлит силла крупнопорфировый, с большими (до 5 см) вкрапленниками оливина, граната и диопсида. Основная масса состоит из серпентинизированного оливина, флогопита, ильменита, перовскита, апатита и кальцита. Встречаются мелкие обломки пород кровли — гранита и эпидиорита. Имеются сростки сферической формы, состоящие из пироксена, граната и ильменита. Родственные включения встречаются редко. Кимберлит и включения пересечены прожилками кальцита, придающими породе слоистый облик. Обнаружены прожилки опала и серпентина. Силл содержит некоторое количество алмазов.

Алмазы, извлекаемые из кимберлитов, мелкие и невысокого качества, преимущественно технические. Идентичность кимберлитов Зимбабве и ЮАР не доказана.

Кроме коренных имеются и россыпные месторождения двух возрастов — древние среди слоев Сомабула (песчаники Форест) речного происхождения и молодые, связанные с современной речной сетью. Основные россыпи расположены в 20 км к юго-западу от г. Гвело и приурочены к депрессии Сомабула, в верхней части которой берет начало р. Сомабула — приток р. Вингу. Депрессия приурочена к выветрелому гранитному плотику с неровной волнистой поверхностью. На нем лежит слой алмазоносных галечников мощностью от нескольких сантиметров до 4,5 м, в среднем 0,4 м. Галечники перекрыты прослойками глин, песков и галечников линзовидной формы. Местами галечники сцементированы окислами железа. Алмазоносны лишь нижние части галечника. Россыпи помимо алмазов содержат золото, хризоберилл, корунд, рутил, рубин, сапфир, красный гранат и др. Галечники сложены хорошо окатанной галькой кварца, кварцита, роговиков, ленточными железняками и агатами в глинистой массе с обильными зернами ставролита. Распределение алмазов в галечнике пятнистое, наибольшие концентрации отмечаются в западинах и трещинах плотика. Алмазы из районов Виллоугбу и Нгамо зеленые, напоминают алмазы рч. Шон-Спруит в верхнем течении р. Вааль. Средний размер алмазов в Виллоугбу немного больше карата, а в Нгамо 0,7 карата. Алмазы хорошего качества. Наибольший алмаз в Виллоугбу весил 36,25, а в Нгамо 275,5 карата. Алмазы Сомабула отличны от алмазов трубки Колосс и силла Вессельс, которые отстоят от депрессии Сомабула на 70 км. До 1912 г. из россыпей Сомабула было добыто 8490 каратов алмазов и 90 070 каратов других драгоценных камней.

За все время эксплуатации в Зимбабве было добыто около 16 000 каратов алмазов. В настоящее время добычи алмазов в Зимбабве нет, производятся лишь поисковые работы на границе с Ботсваной. Источник алмазов депрессии Сомабула неизвестен.

Находки алмазов в Северной Африке и Кувейте

Алмазные месторождения в пределах северной части Африки не известны. Обнаружены лишь отдельные алмазы в южной части Сахары.

Алжир. Отдельные находки алмазов известны в южной части Алжира на нагорье Ахаггат в районе Силет в 100 км к западу от Теманрассета. Было найдено шесть алмазов в аллювии р. Уэд-Егжеджон на восточной границе бассейна Фрусьен вблизи каньона Арак. Из найденных алмазов пять ювелирного качества, а шестой — наиболее крупный — карбонадо.

Район находок алмазов сложен гнейсами, покрытыми базальтами. Имеется большое количество диатрем щелочных базальтов диаметром 200—300 м, редко более.

Кувейт. В княжестве Кувейт на Аравийском полуострове было найдено несколько алмазов на северо-западном берегу Персидского залива. Более подробных данных нет.

Таким образом, алмазоносна только южная часть Африкано-Аравийской платформы. В Северной Африке известны лишь отдельные находки этого драгоценного камня.

В заключении разделов об алмазоносности Африканского континента следует указать, что в пределах Южной Африки существует не менее трех разновозрастных коренных источников алмазов. Возраст наиболее древнего не менее 2300—2000 млн. лет. Тип этого коренного источника неизвестен. Его существование доказывают находки алмазов в древних алмазосодержащих конгломератах Витватерсранда, Бирима, Тортья и др., возраст которых не менее 2000 млн. лет. Следующими по возрасту являются кимберлиты Конангоно, Тубабуко и другие в Республике Берег Слоновой Кости, кимберлиты Мицик в Габоне, кимберлиты трубки Премьер и др. в ЮАР и др., имеющие возраст 1700—1400 млн. лет.

Области распространения этих двух древних коренных источников алмазов более или менее совпадают. Так, алмазоносные конгломераты Витватерсранда находятся вблизи древних кимберлитов трубки Премьер и др. Конгломераты Тортья располагаются в тех же районах, что и древние конгломераты Конангоно, Тубабуко и др. в Республике Берег Слоновой Кости и т. д.

Возраст наиболее молодых кимберлитов 80—100 млн. лет. Они весьма широко распространены и встречены во всех частях Южной Африки. Молодые кимберлиты или образуют протяженные зоны длиной в сотни километров, или группируются на

отдельных площадях. Протяженные зоны кимберлитов известны в Гвинее и ряде других районов. В Анголе и Заире кимберлиты протягиваются из Республики Заир (Бакванга) почти до р. Кунене в Анголе на расстояние свыше 1200 км, причем эта зона имеет много общего с подобной зоной в СССР. Такие зоны существуют и на побережье Атлантического океана в пределах Намибии и Бушменленда и на востоке в пределах рифтовых долин Танганьики, Кении и др.

Степень эродированности молодых кимберлитов различная: в центральных частях Южной Африки она местами не менее 1000 м, а по ее окраинам — в Бушменленде, Ботсване, Танзании и др.— у кимберлитовых трубок сохранились кратерные части, заполненные осадочно-вулканогенным материалом на глубину 250—350 м. Учитывая степень эродированности трубок ЮАР и достигнутую глубину эксплуатационных работ, можно предполагать, что кимберлитовые трубки имеют промышленное содержание алмазов на протяжении не менее 2 км.

В пределах алмазоносной части Африки кроме коренных широко распространены и россыпные месторождения, преимущественно аллювиальные. Непосредственным источником алмазов россыпей, помимо коренных месторождений, являются многочисленные мезозойские песчаники, которые в различных районах называются по-разному. В ЮАР это песчаники Кванго, в Анголе — песчаники Колондо, в Центральноафриканской Империи — песчаники Берберати и т. д. Существование в пределах южной и центральных частях Африки, начиная с мелового периода, аридного климата обусловило широкое развитие отложений «сухих» рек, также игравших роль вторичных источников алмазов, за счет которых алмазы поступали в отложения современной речной сети. Подобные условия обусловили исключительное богатство алмазами Африканской платформы, которая дает свыше 98% общей (без СССР) мировой добычи алмазов.

Глава III

АЛМАЗОНОСНОСТЬ СЕВЕРО-АМЕРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Северо-Американская платформа по площади превосходит все остальные. Она занимает бóльшую часть материка, Баффинову Землю и Гренландию. К юго-востоку от платформы вдоль Атлантического побережья Соединенных Штатов Америки, Канады и Гренландии располагается Атлантический складчатый пояс, а на северо-западе, вдоль побережья Гренландии и островов Арктического архипелага, платформа окаймлена Арктическим поясом, край и западное продолжение которого обрезается впадиной океана. С запада Северо-Американская платформа ограничена отрезком Тихоокеанского складчатого пояса [Муратов М. В., 1966].

Промышленных месторождений алмазов на Северо-Американской платформе неизвестно, имеются отдельные находки в пределах Гренландского и Канадского щитов и на самой Северо-Американской платформе (рис. 51).

Алмазоносность Гренландского щита

Гренландский щит занимает почти всю площадь острова за исключением северной и северо-восточной его окраин. Геологическое строение щита изучено весьма слабо, так как почти весь остров покрыт ледниками со средней мощностью льда 2100 м. Бóльшая часть Гренландии сложена древнейшими гнейсами и кристаллическими сланцами докембрийского возраста, смятыми в сложные складки и прорванными гранитами. Северное и северо-восточное побережье Гренландии образовано нижнепалеозойскими породами, смятыми в складки в эпоху каледонской складчатости. На размытой поверхности этих пород залегают более молодые отложения палеозойского и мезо-кайнозойского возраста.

Рельеф прибрежной полосы острова очень неровный. Свободная ото льда полоса юго-западного берега шириной 2—180 км представляет собой систему раздробленных сбросами массивов, отделенных друг от друга узкими извилистыми фиордами длиной до 100—180 км и глубиной до 500 м. Известно два пункта, где обнаружены кимберлиты и алмазы: 1) центральная часть Западной Гренландии — районы Холстейнборг и Конгамиут; 2) Юго-Западная Гренландия — район Фредерикшаб.

В центральной части Западной Гренландии к югу и востоку от Холстейнборга в 1972 г. было обнаружено свыше 20 ким-

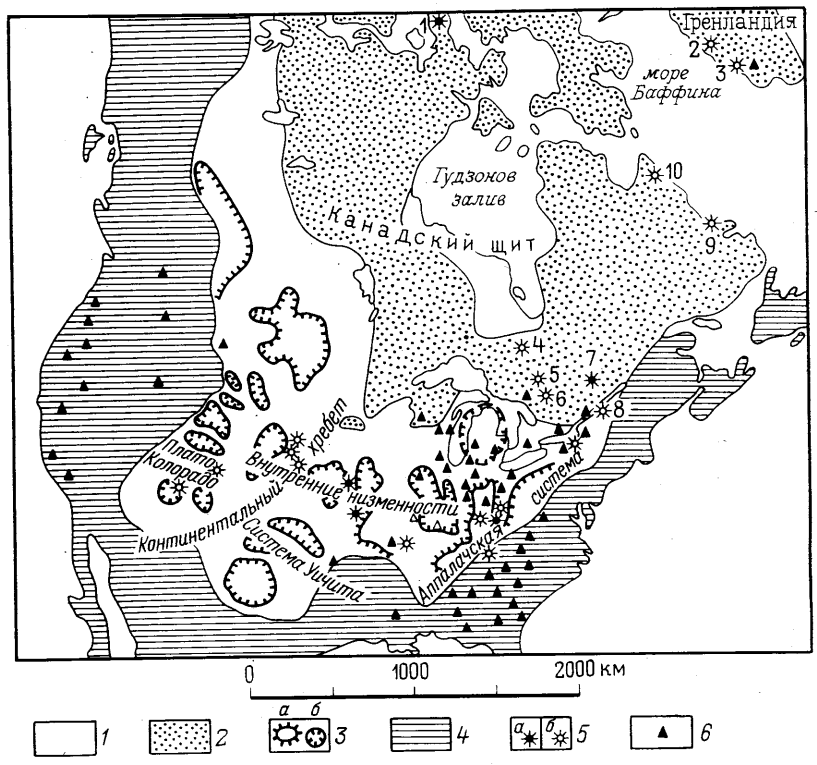

Рис. 51. Карта распространения кимберлитов и алмазов на Северо-Американской платформе.

1 — выходы Северо-Американской платформы; *2* — щиты; *3* — формы поверхности (*а* — своды, *б* — внутренние низменности и бассейны); *4* — молодые складчатые системы; *5* — кимберлиты (*а* — алмазоносные, *б* — неалмазоносные); *6* — находки алмазов.

Кимберлиты на Канадском и Гренландских щитах: 1 — кимберлиты Сомерсет, 2 — кимберлиты центральной части Западной Гренландии, *3* — кимберлиты Юго-Западной Гренландии, 4 — Корал-Рапид, 5 — Верхняя Канада, 6 — дайка Каскадилла, 7 — Арвида, 8 — о. Бизард, 9 — Айллик, 10 — Еаглек и о. Бич

берлитовых даек, расположенных на площади 150×75 км [Escher A., Watterson J., 1973]. Длина отдельных даек 1—2 км при мощности 0,5—2 м. Основная масса даек сложена оливином, карбонатами, флогопитом, ильменитом, мелилитом, перовскитом и шпинелью с 20—35% округлых включений размером до 20 см, бóльшая часть которых сложена оливином или оливином и ильменитом (табл. 35). Изучено 29 желваков, из которых 16 представлены дунитами, 10 — гарцбургитами, два — верлитами и один — лерцолитом. Гранатсодержащие включения встречены лишь в дайке в районе гавани Холстейнборг. Эта дайка содержит также некоторое количество желваков эклогита. Порода

Таблица 35

Минеральный состав кимберлитов отдельных площадей Западной Гренландии (в %)

Минерал	Кимберлитовые площади[1]		
	Нигердликасик	Пирамидефджелд	Мидтернаес
Оливин	23,5	23,5	13,0
Флогопит	10,5	40,5	20,0
Клинопироксен	Следы	0,5	10,5
Серпентин	26,0	3,5	26,5
Карбонаты	39,5	14,5	16,0
Темноцветные	5,0	6,5	11,0
Перовскит	1,5	2,5	3,0
Апатит	Следы	Следы	Следы

[1] Для каждой площади сделано по два анализа.

даек обычно свежая, лишь в двух местах она серпентинизирована.

В западной части района в 20 км юго-восточнее Холстейнборга встречены карбонатитовые дайки, приуроченные к шовной зоне. Они содержат большое количество округлого оливина. Возраст даек 225±17 млн. лет (рис. 52).

В юго-западной части Гренландии [Emeleus C. H., Andrews J. R., 1974] в районе Фредерикшаб обнаружены дайки и наклонные силлы, прорывающие докембрийские породы. Обнаружено три кимберлитовые площади — Нигердликасик, Мидтернаес и Пирамидефджелд (рис. 53).

Площадь Нигердликасик образована кулисообразными дайками мощностью до 0,5 м, вытянутыми параллельно побережью и прослеженными на 3 км. Местами в кимберлитах наблюдаются две фазы внедрения. Дайки кимберлита секут дайку долерита мощностью 100 м.

Площадь Пирамидефджелд. Маломощные пологонаклонные силлы непостоянной мощности приурочены к гранитному комплексу Пирамидефджелд и обнажаются на высоте 400—900 м над уровнем моря. Иногда они продолжаются во вмещающие гранито-гнейсы. Имеется три группы силлов с углами падения 10—20°. В каждой группе отмечено несколько параллельных силлов, изредка дающих апофизы во вмещающие породы.

Площадь Мидтернаес. На этой площади имеется ряд кимберлитовых силлов, падающих под углом 10° на запад, обнажающихся на высоте до 600 м над уровнем моря. Силлы залегают в архейских гнейсах и продолжаются в покрывающие их палеозойские породы. В одном месте пологий силл поднима-

ется вверх на 10 м по трещине и затем вновь имеет пологое падение. Для этой площади характерна интенсивная карбонатизация вмещающих пород под влиянием кимберлитов. Мощность зоны карбонатизации до 20 м. Кимберлиты приурочены к плоскостям отдельности, возникшим до интрузии кимберлитов, и местами дают небольшие апофизы во вмещающие породы. Кимберлиты массивные, с трещинами, заполненными кальцитом.

Наиболее распространены вкрапленники оливина двух генераций, реже пироксены. Местами наблюдаются две генерации вкрапленников флогопита — крупные (20×15 мм) и тонкие пластинки в основной массе (0,1—0,3 мм), обычно содержащие повышенные количества хрома и никеля. Диопсид вкрапленников содержит больше CaO, чем диопсид ксенолитов перидотитов. Основная масса сложена серпентином, кальцитом, флогопитом с зернами хромита, апатита, перовскита, магнетита и др.

Химический состав кимберлитов силлов и даек Гренландии (табл. 36) близок к химическому составу кимберлитов силлов Бенфонтейна в ЮАР и отличается от них повышенным содержанием щелочей и пониженным P_2O_5. Во включениях в кимберлитах Гренландии преобладают гранатовые, шпинелевые и флогопитовые перидотиты, ксенолиты вмещающих пород относительно редки. Размер включений перидотитов 5—10 и редко 20 см, они чаще встречаются в нижних частях силлов.

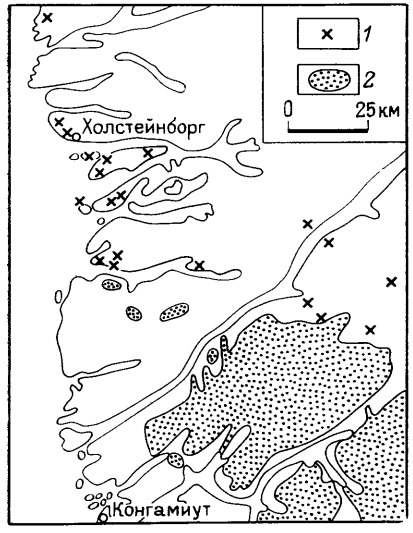

Рис. 52. Схема расположения выходов кимберлитов в центральной части Западной Гренландии.
1 — дайки кимберлитов; *2* — ледники

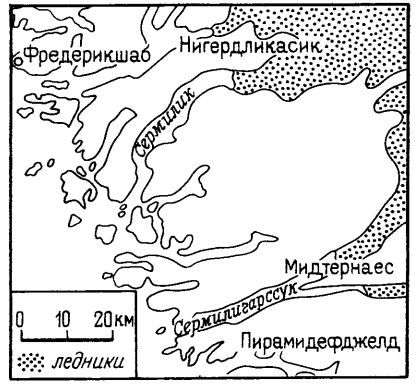

Рис. 53. Схема расположения кимберлитовых полей в Западной Гренландии [Emeleus C. H., Andrews J. R., 1974]

Таблица 36

Химический состав кимберлитов Гренландии (в вес. %)

Компоненты	Кимберлитовые площади		
	Пирамидефджелд (6 анализов)	Нигердликасик (2 анализа)	Силл Бенфонтейн (один анализ)
SiO_2	29,50	26,45	25,19
TiO_2	1,81	1,88	1,89
Al_2O_3	2,70	2,02	2,87
Fe_2O_3	5,60	4,00	3,72
FeO	7,90	5,31	6,72
MnO	0,21	0,42	0,22
MgO	27,10	28,00	29,64
CaO	10,70	12,33	13,59
Na_2O	0,47	0,23	0,01
K_2O	1,76	1,60	0,15
H_2O^+	3,20	3,98	1,15
H_2O^-	0,43	—	—
P_2O_5	0,54	0,66	2,20
CO_2	7,80	12,60	12,83
SO_3	0,16	—	—
Сумма	99,88	99,46	100,18

Гранаты из перидотитовых включений обычно красного цвета с келифитовыми оболочками. Они содержат 66,86% пиропа, 15,90% альмандина, 15,91% уваровита, 1,08% спессартина и 0,24% гроссуляра. Оливины и пироксены местами имеют нормальную, а местами обратную зональность, что не характерно для мантийных перидотитов. Пироксены перидотитовых включений характеризуются весьма разнообразным составом. В четырех образцах кимберлита было найдено восемь микроскопических алмазов.

Алмазоносность Канадского щита

Канадский щит занимает северо-восток Северной Америки, охватывает весь п-ов Лабрадор, большую часть провинций Квебек и Онтарио в Канаде, северо-восточную часть Манитобы и Саскачевана, значительную часть Северо-Западных территорий и часть арктических островов. Выступы щита протягиваются в США — в район оз. Верхнее и в район гор Адирондак в штате Нью-Йорк.

В течение плейстоцена щит был покрыт громадными континентальными ледниками, один из них располагался на Лабрадоре, второй в пределах Северо-Западных Территорий и третий — в Гренландии. Первые два растаяли 11 тыс. лет назад, а третий сохранился до наших дней. Первые два оледенения обусловили широкое распространение алмазов в ледниковых отложениях (морена Кетлл и др.) Канады и прилегающих к ней частей США.

Древнейшими образованиями Канадского щита являются породы серии Киуэтин мощностью до 12 км, представленные метаморфизованными базальтами, андезитами и другими изверженными породами, превращенными в гнейсы (2500—3500 млн. лет).

Породы серии Киуэтин перекрыты лаврентьевскими гранитами, местами слюдяными кристаллическими сланцами (группы Понтиак, свита Райс-Лейк и др.), представляющими собой метаморфизованные осадки местных бассейнов осадконакопления. Среди пород серии Киуэтин и слюдяно-сланцевого архея встречаются узкие и длинные рвы, выполненные породами серии Тамис-Каминг (около 2500 млн. лет). Эти древние породы образуют массивы, один между Великими озерами и Гудзоновым заливом, а второй на северо-западе Канады, в районе Большого Невольничного и Большого Медвежьего озер.

Перед началом нижнего протерозоя между этими массивами образовалась широкая складчатая система, известная под названием область Черчиль, сложенная архейскими гнейсами и сланцами, нижнепротерозойскими кварцитами, сланцами и вулканическими породами, смятыми в складки северо-восточного и северо-западного простирания; они прорваны гранитами, возраст которых 1850—1650 млн. лет. Складчатые породы на больших площадях перекрыты мощной спокойно залегающей серией Киуэнау — конгломераты, песчаники и вулканические породы.

Массив оз. Верхнего с трех сторон окаймлен прогибами, выполненными гуронскими породами (1600—1300 млн. лет) — кварцитами, доломитами, кремнистыми сланцами и вулканическими породами. Более молодая складчатая система Гренвилл развита на востоке Канадского щита (1000—1100 млн. лет) и прорвана многочисленными интрузиями гранитов и сиенитов. В результате постгудзоновской эпохи складчатости возникли контуры Северо-Американской платформы. В пределах Канадского щита имеется несколько выходов кимберлитов (табл. 37).

Северо-западные территории. Наиболее северной точкой, где встречены кимберлиты, является о. Сомерсет (табл. 38), расположенный в 80 км к северу от зал. Кресуэл, где известно свыше 19 кимберлитовых трубок и даек [Mitchell R. H., 1973; Brummer I. I., 1978].

Кимберлиты прорывают среднеордовикские породы и ориентированы в трех направлениях — 52°, 125° и 175° (трещины растяжения), связанных с рифтогенезом; большинство трубок имеет вытянутую форму.

Кимберлиты на 35% сложены вкрапленниками оливина двух генераций, флогопита, альмандин-пиропа, реже пироксена, магнетита, хромовой шпинели, хромита и т. д., сцементированных массивным кимберлитом. Основная масса микрокристаллическая, сложена черной хромшпинелью, пикроильменитом, перовскитом, рутилом, пиритом и халькопиритом. Доломит и кальцит

Таблица 37

Характеристика кимберлитов Канады. По *Дж. Д. Бруммеру* [Brummer J. J., 1978]

Провинция	Местность	Порода	Форма; мощность, м	Возраст, млн. лет
Онтарио	Корал-Рапид на р. Абитиба	Кимберлит	Дайка; 25—30	Постдевон
»	Район Готье	»	» » 0,9	131
»	Мишо	»	» » 0,15	?
Квебек	Арвиде	Карбонатитовый кимберлит	» » 0,9	546
»	Остров Бизард	Кимберлит	Трубки и дайки	95—115
Лабрадор	Саглек	»	Трубки и дайки: до 185	135—180
»	Залив Айллик	»	Дайки; до 3	135—180
Северо-западные территории	Остров Сомерсет	»	19 диатрем и даек	Постдевон или более молодые

Таблица 38

Характеристика кимберлитов о. Сомерсет

Месторождение	Форма; размеры, м	Занимаемая площадь, га
Кресуэл	Трубка; 305×488	14,9
Пеуиук	Раздув дайки; 549×61	3,34
Корвик А	Трубка, диаметр 30,5	0,08
Корвик Б	» » 15,0	0,02
Селатиавак А	» » 46	0,17
Селатиавак Б	» » 15	0,02
Джос	Дайка; 1 км×1 м	
Уэст	Трубка, диаметр 61×69	0,3—0,4
Батти (К-I)	» » 702	39
Ариу	» » 250×160	4,0
Инуаруглиагарсук	» диаметр 70	0,4
Амайерсук	» 350×50	1,72
Инугпасугсук	» 440×80	3,40
Нанорлук	» 150×50	0,73
Тунрак	» 300×150	4,50
Норд	Раздув дайки; 30,5	0,08
Хам	Трубка, диаметр 61—69	0,3—0,4
Эльвин	» » 200	3,10
Мике	» 458×183	8,6

встречаются в основной массе в форме отдельных пятен или в тонкой смеси с силикатами. Посторонние включения имеют округлую форму. Возраст кимберлитов постдевонский, а возможно и более молодой.

В 1974—1975 гг. были опробованы трубки Батти, Хам, Эльвин, Пеуиук. Всего взято 414 т кимберлита и получено несколько мелких алмазов.

Лабрадор. Кимберлиты известны на северо-восточном побережье Лабрадора. Две дайки кимберлита встречены на юго-восточном побережье о. Биг в зал. Саглек, пять трубчатых брекчии с диаметром до 200 м известны к северу и юго-востоку от зал. Саглек. Возраст кимберлитов юрский (135—180 млн. лет).

В районе зал. Айллик обнаружены основные и ультраосновные дайки. Состав их изменяется от минетт, мончикитов, кимберлитов, слюдяных кимберлитов и альноитов до карбонатитов. Мощность даек до 2 м, они связаны с хорошо выраженными разломами. Вероятно кимберлиты заливов Соглек и Айллик образовались в начале возникновения Лабрадорского моря и связаны с аналогичными породами Гренландии.

Квебек. В его пределах известны кимберлит-карбонатитовые дайки в долине р. Сагсенау, в пределах грабена, связанного с рифтовой системой Святого Лаврентия на площади Чикутими-Джонквайре вблизи Арвида. Мощность даек от нескольких сантиметров до 1 м; они прослеживаются на несколько метров. Возраст их 546 млн. лет. Пироп, хромдиопсид и пикроильменит в дайках не встречены, что позволяет предположить, что эти дайки образованы карбонатитовым флюидом.

На о. Бизард обнаружены три трубчатые кимберлитовые брекчии, расположенные в пределах Монтережион-Хилл. Наибольшая брекчия, известная под названием Паин-де-Сукре, или Сугар-Лооф-Хилл, расположена на северо-западе острова, а две другие — на его западной оконечности.

Кимберлит Паин-де-Сукре содержит пиропы, хромдиопсиды и пикроильменит. Он обнажается на холме высотой 18—21 м и имеет овальную форму 90×50 м (0,45 га). Имеется также кимберлитовая дайка мощностью 10 м, прослеженная на 60 м. Трубка выполнена брекчией с вкрапленниками флогопита, серпентинизированного оливина, высокомагнезиального магнетита и авгита. Основная масса тонкозернистая и сложена серпентином, гидрогранатом, кальцитом с мелкими кристаллами магнетита, перовскитом и авгитом.

В 1968 г. были опробованы трубка Паин-де-Сукре и трубка 3. Общий объем пробы 22 м^3. В трубке 3 алмазов обнаружено не было, а в трубке Паин-де-Сукре найдено 10 алмазов общей массой в 0,0605 карата. Наибольший алмаз весил 0,0244, а наименьший 0,0032 карата. Возраст трубок о. Бизард — нижний мел (95—115 млн. лет).

Онтарио. В провинции Онтарио имеется кимберлитовая зона юго-восточного простирания, прослеженная от Корал-Рапидс в Северном Онтарио до Монтережион-Хилл в Квебеке и Итака в штате Нью-Йорк в США [Gittins J. e. a., 1975].

Кимберлиты Корал-Рапидс расположены южнее зал. Джемс. Бурением на глубине 75 м обнаружена дайка кимберлита, а позже трубчатое тело кимберлита. В 70 км юго-восточнее Корал-Рапидс в районе Мишо встречены две небольшие дайки кимберлита мощностью до 0,15 м. Далее к юго-востоку в этой зоне в районе Готье, в 15 км восточнее оз. Киркленд, на руднике Верхняя Канада на глубине 840 м среди гнейсов обнаружена дайка кимберлита мощностью 0,9 м, вертикальная и не имеющая выхода на поверхность. Местами она дает отпрыски во вмещающие породы [Lee H. A., Lowrence D. E., 1968].

Кимберлит дайки Верхняя Канада темно-зеленый, порфировый, слюдяной, с округлыми вкрапленниками оливина (31%), пластинками флогопита (21%) и редкими красного граната Размер вкрапленников 0,3—1,2 мм. Основная масса (35%) серпентин-карбонатная с зернами магнетита, хромита, пиропа, пироксена, амфибола, апатита и субмикроскопического пирротина. Структура породы флюидальная. Ксенолитов мало. Возраст кимберлита по калий-аргоновому методу 151±8 млн. лет (верхняя юра). Проба весом 8 т алмазов не содержала.

На самой юго-восточной оконечности зоны, уже в пределах США, в районе Итака имеется дайка кимберлита на р Каскадилла, которая прорывает породы верхнего девона (155±±4 млн. лет). В низменности зал. Джемса в аллювии рек (р. Моозе и др.) известны отдельные находки пиропа, пикроильменита и хромдиопсида, указывающие на существование в ней еще необнаруженных кимберлитов (табл. 39).

В южной части Онтарию известны две находки алмазов в ледниковых отложениях. Один алмаз размером 33 карата был найден в 1920 г. в Петербороуге, а другой размером 0,255 карата, известный под именем Ярви, обнаружен в 1971 г. в районе Шератон вблизи Тимминс. Коренной источник этих алмазов неизвестен.

Алмазоносность собственно Северо-Американской платформы

Собственно Северо-Американская платформа располагается к югу, юго-западу и западу от Канадского щита. На востоке ее границей служит Аппалачская складчатая зона, отделенная от платформы предгорным прогибом, заполненным верхнедевонскими, каменноугольными и пермскими отложениями, развитыми к югу от штата Нью-Йорк. Аппалачский предгорный прогиб огибает платформу с юга, следуя вдоль погребенной складчатой зоны Уачита. Он выполнен отложениями перми и карбона. С за-

Таблица 39

Химический состав кимберлитов Канадского щита (в вес. %)

Компоненты	Штат Нью-Йорк, район Итака, дайка р Каскадилла	Штат Онтарио	
		дайка Верхняя Канада	дайка Корал-Рапидс
SiO_2	26,37	32,70	36,70
TiO_2	1,98	2,10	1,16
Al_2O_3	6,14	3,20	7,95
Fe_2O_3	3,97	3,90	5,67
Cr_2O_3	0,18	0,40	0,08
FeO	4,02	5,80	5,40
MnO	0,19	0,20	0,19
MgO	16,19	31,50	13,78
CaO	16,01	8,10	13,10
Na_2O	1,46	0,50	0,30
K_2O	0,46	2,00	0,67
H_2O^+	5,52	3,40	8,80
H_2O^-	5,90		
P_2O_5	1,12	0,40	Не обн.
CO_2	10,70	5,10	4,08
Сумма	100,21	99,30	100,88

пада платформа ограничена складчатой системой Кордильер (Скалистые горы, Сьерра-Невада, Каскадные горы и др.). Вдоль зоны Скалистых гор также развит предгорный прогиб, выполненный отложениями верхнего мела и палеогена.

Докембрийское основание платформы скрыто под более молодыми слабодислоцированными породами. В геоморфологическом отношении эта часть платформы представляет собой равнину с внутренними низменностями, возвышающуюся над уровнем моря всего лишь на несколько десятков метров. По направлению к Аппалачам поверхность равнины подымается и переходит в плато с сильно расчлененным рельефом.

Базальные части осадочного покрова платформы сложены кембрийскими и нижнепалеозойскими породами мощностью до 300 м. Палеозойские мелководные отложения приурочены к внутренним низменностям. Мезозойские и третичные породы на востоке распространены лишь в бассейне р. Миссисипи, а на западе меловые отложения развиты вдоль Скалистых гор от Канады до Техаса.

В пределах США алмазы весьма широко распространены, но промышленные месторождения отсутствуют. Эти находки до самого последнего времени объединялись в две провинции — тихоокеанскую и аппалачскую — и связывались в тихоокеанской с отдельными массивами серпентинитового пояса хребтов Сьерра-Невада и Каскадных гор (юра — нижний мел), а в аппалачской — с поясом ультраосновных пород, протягивающихся вдоль побережья Северной Америки на 3200 км при ширине

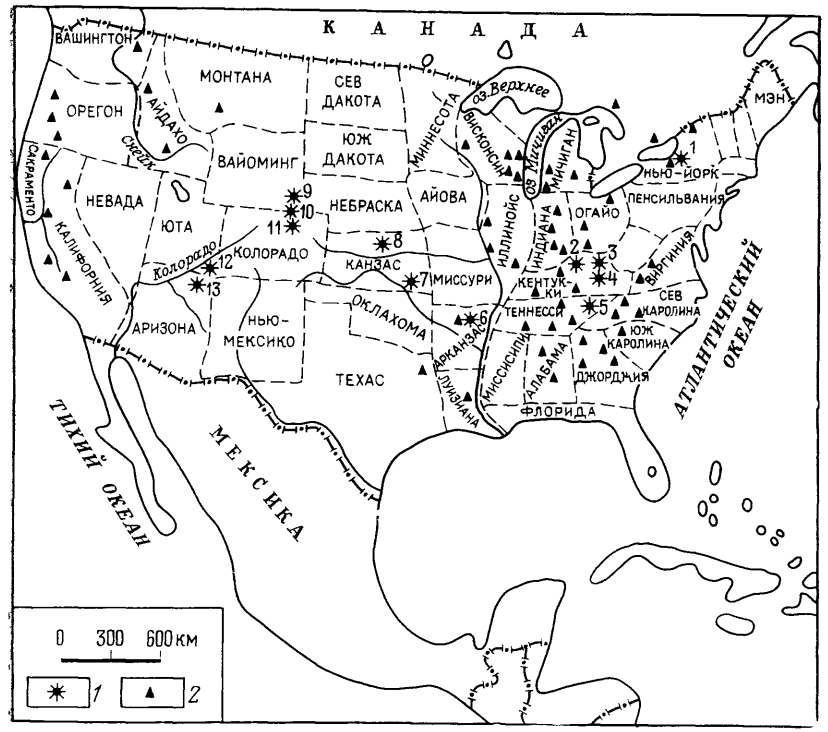

Рис. 54. Распространение кимберлитов и алмазов в США.
1 — кимберлиты; *2* — места находок алмазов

около 80 км. За последние годы в пределах США кимберлиты найдены в 15 штатах [Meyer H. O. A., 1976], что определенно указывает на кимберлитовый источник алмазов Северной Америки. Все эти находки алмазов могут быть объединены в четыре группы (рис. 54):

А. Район Великих озер, пограничный с Канадским щитом.

Б. Район западных штатов США, пограничных со складчатой системой Кордильер.

В. Район восточных штатов США, пограничных со складчатой системой Аппалачей.

Г. Район центральных штатов США.

По химическому составу кимберлиты различных штатов отличаются друг от друга (табл. 40).

Район Великих озер охватывает пограничную с Канадой часть США (штаты Висконсин, Мичиган, Индиана, Огайо и Иллинойс). Находки алмазов в этих штатах связаны с ледниковыми отложениями последнего оледенения. Известно четыре эпохи оледенений и ряд межледниковых эпох различной продол-

Таблица 40

Химический состав кимберлитов США (в вес. %)

Компоненты	Восточные штаты						Центральные штаты					Западные штаты		
	Нью-Йорк		Пенсильвания	Кентукки	Теннесси	Канзас, площадь Рейли				Арканзас	Колорадо	Аризона	Юта
						Трубка							
	Каскадилла	Гленвоод	Файет	Эллиотт	оз. Норрис	Рандольф 1	Рандольф 2	Леонард вилл	Бала	Участок Прери	Трубка Слоан	Трубка Буэлл-Парк	Дайка Мозес Рок
SiO_2	26—37	33—38	28,83	29,81	29,96	22,91	21,13	24,15	22,23	38,42	32,42	47,50	39,62
TiO_2	1,98	2,52	5,67	2,20	3,68	1,72	1,80	1,50	2,20	0,89	1,08	0,08	0,10
Al_2O_3	6,14	5,09	2,94	2,01	3,66	4,63	4,28	2,03	3,19	6,85	3,05	1,38	2,16
Fe_2O_3	3,97	6,57	3,60	5,16	6,08	6,80	7,44	6,51	7,19	8,83	7,14	4,34	3,26
Cr_2O_3	0,18	0,28	Не обн.	0,43	Не обн.	0,12	0,12	Не обн.	0,18	Не обн.	0,16	Не обн.	Не обн.
FeO	4,02	4,18	5,13	4,35	3,32	2,94	1,79	1,85	2,89	1,99	1,09	2,37	3,49
MnO	0,19	0,17	Не обн.	0,23	Не обн.	0,14	0,22	Не обн.	0,21	Не обн.	0,15	0,12	0,10
MgO	16,19	23,78	24,31	32,41	26,38	20,36	20,04	24,45	25,47	26,34	27,13	31,26	35,51
CaO	16,01	9,06	11,24	7,69	8,66	16,68	18,62	15,87	13,07	3,88	8,63	0,65	1,62
Na_2O	1,46	0,44	0,75	0,11	0,06	0,51	0,27	0,30	0,04	0,78	0,06	0,11	0,06
K_2O	0,46	3,19	1,31	0,20	0,19	0,15	0,16	0,30	0,02	2,56	0,81	0,37	0,07
P_2O_5	1,12	0,44	0,77	0,35	0,68	1,19	1,39	0,62	1,56	Не обн.	0,54	0,02	0,04
CO_2	10,70	3,41	11,64	6,66		10,69	11,72	12,04	9,38	0,14	5,20	0,00	1,24
H_2O+	5,52	7,25	3,96	15,22	15,22	8,76	8,65	8,50	9,81	7,85	9,74	10,88	11,35
H_2O-	5,90	0,36	0,83		2,12	1,79	1,31	0,84	1,71	1,95	2,65	1,15	0,94
Сумма	100,30	100,12	100,98	100,53	100,31	99,39	98,94	98,96	99,15	100,84	99,97	100,23	99,56

жительности. Ледники двигались из района Гудзонова залива. В результате их движения речные долины были переуглублены и образовались озера. В перигляциальной области возникли конечные морены мощностью 30—210 м.

Все известные находки алмазов были приурочены к морене Кеттл, к конечной морене ледников Грин-Бей и оз. Мичиган. По данным Р. Г. Скиннера [Skinner R. G., 1973], алмазы попали в морену Кеттл из бассейна р. Жуэ в Северо-Восточном Онтарио из формации Маттачами мелового возраста, сложенной гравелитами, песками и глинами с пропластками лигнитов. Коренным источником алмазов являются кимберлиты, выходы которых встречены в ряде мест на Канадском щите.

Находки алмазов известны в нескольких штатах [Gunn C. B., 1968].

Штат Висконсин. Алмазы находили в районах Пирс, Ден, Уакита, Вашингтон и Ремн. Наиболее крупный алмаз Орел весил 15 каратов. В россыпях вместе с алмазами встречались пиропы, реже пикроильмениты и хромдиопсиды.

Штат Мичиган. Алмазы были встречены в районах Касс (южнее водопадов Гранд), Масоне (южнее г. Лансина) и Маркетт, где найден алмаз массой 11 каратов.

Штат Индиана. Алмазы известны в ледниковых отложениях районов Траун, Миами, Браун и Морган. За все время в этом штате было найдено несколько десятков камней, из которых алмаз Стенли весил 4,9 карата.

Штат Огайо. Алмазы встречены в Кливленде и Мильфорде около Цинциннати (алмаз размером 6 каратов).

Штат Иллинойс. Алмазы находили в районах Сеффер-сон вблизи Маконеба и в других местах.

Всего в районе Великих озер (табл. 41) было найдено несколько сот камней.

Попутно с алмазами добывалось некоторое количество золота.

Западные штаты США — Вашингтон, Орегон, Юта, Невада, Айдахо, Калифорния и Аризона. Алмазы находили в россыпях третичного и четвертичного возраста, нередко погребенных под мощными покровами лав и их туфов. Россыпи располагались полосой, вытянутой вдоль побережья океана.

Штат Вашингтон. Отдельные находки алмазов известны в его северо-восточной части, так октаэдр размером 4 карата был найден в золотой россыпи района Скамания.

Штат Айдахо. Было найдено три алмаза в золотой россыпи Рокфлет в районе Адам в 8 км от сел. Нью-Медоуса. Наиболее крупный весом 0,33 карата был представлен октаэдром серого цвета. На р. Снейк было найдено несколько микроскопических алмазов серовато-белого и зеленого цвета. Вместе с алмазами в концентратах из россыпи встречались ильменит, хромит, циркон, магнетит, гранат, монацит и корунд. Кроме того

Таблица 41

Характеристика алмазов района Великих озер

Величина алмазов, карат	%	Форма алмазов	%	Цвет алмазов	%
До 1	50,8	Округлые октаэдры	16,7	Белые	30,7
От 1 до 2	18,0	Гексаоктаэдры	55,5	Желтые	25,0
От 2 до 5	18,0	Додекаэдры	16,7	Бесцветные	16,5
От 5 до 10	4,9	Двойники	11,1	Зеленые	8,3
Свыше 10	8,3			Коричнево-желтые	5,7
				Желто-зеленые	2,8
				Розовые	5,7
				Голубые	5,3
Итого	100,0	Итого	100,0	Итого	100,0

на р. Змеиной также был найден ряд микроскопических алмазов, слабо прозрачных, серовато-белого цвета.

Штат Орегон. Всего в пределах штата было найдено около 100 камней в золотых россыпях юго-западной части штата — в районах Кюрри, Даке, Вашингтон, Росине, Вацкели и др. Большинство камней имеет желтоватый оттенок. Наибольший камень весил 3 карата.

Штат Калифорния. Больше всего алмазов найдено в бассейне р. Сакраменто и ее притоков, берущих начало в хр. Сьерра-Невада. Алмазы были обнаружены в золотых россыпях районов Амадор, Бьютт, Эльдорадо, Френо, Невада, Сискью, Тюлар и др. Встречались преимущественно крупные камни с желтоватым оттенком. Самый крупный камень весил 7,25 карата.

Мелкие алмазы находили в районах Дель-Норте и Тринити в северо-западной части штата по рекам Смильз и Тринити. Всего в Калифорнии за все время разработки золотых россыпей было найдено 400—500 алмазов.

Штат Юта. В этом штате имеется кимберлитовая площадь Навайо (60×45 км), состоящая из пяти трубок: Мул-Иэ, Мозес Рок, Ред-Меза, Кан-Валлей и Гарнет Ридж [McGetchin T. R., Silver L. T., 1970]. Алмазоносная площадь расположена на водоразделе Литл-Колорадо и Сан-Хуан, в пределах хр. Ридж, представляющего собой узкую возвышенность овальной формы. Все трубки неправильной формы с крутопадающими контактами. Кимберлитовое тело Мозес Рок—серповидное, мощностью 30 м с рядом раздувов, вытянутое на 5,5 км. Трубка Кан-Валлей приурочена к структурной депрессии почковидной формы длиной 1060 м, содержащей дайки кимберлита и карбонатита длиной 3—8 м и мощностью до 0,5 м [McGetchin T. R., Nikhanj Y. S., 1973].

Все трубки этой площади выполнены кимберлитовыми брекчиями, в которых содержится до 85% ксенолитов. Кимберлитовое тело Мозес Рок сложено ксенолитами пермских песчаников (72%), подстилающих палеозойских толщ (12%), изверженных и метаморфических пород фундамента (3%); на долю кимберлитового цемента приходится 12%. Кимберлит порфировидный, с вкрапленниками серпентинизированного оливина, биотита, хромдиопсида, пиропа, магнетита, хромита, ильменита, кварца и плагиоклаза (an_{20-23}), калиевого полевого шпата, белой слюды и амфибола. Основная масса тонкозернистая, массивная, состоит из серпентина, монтмориллонита, кальцита и хлорита. По трубке происходило вертикальное перемещение обломков. Так, породы формации Моррисон группы Сан-Рафаэль, залегающие на 300 м выше существующей поверхности, встречены на глубине 1200 м. Возраст трубок определяется находками в одной из них ксенолитов верхнемеловых пород. Радиогенный возраст трубки Мозес Рок 10—60 млн. лет. Мул Иэ 28—30 млн. лет. Алмазов ни в одной из трубок найдено не было.

Штат Аризона. В этом штате известны две трубки кимберлита — Грин-Кнобс и Буэлл-Парк, расположенные в 100 км к юго-востоку от площади Навайо в шт. Юта [Swann G. A., Schmitt H. H., 1968].

Трубка Буэлл-Парк округлая, с диаметром около 5 км. Она выполнена тонкозернистым красным или оливково-зеленым кимберлитовым туфом (лапиллиевым) содержит включения различных минетт и их туфобрекчий. Трубка прорывает осадочные породы формаций Кутар (пермь) и песчаники Де-Челлу, обнажающиеся на плато Дефианс. Порода, выполняющая трубку, сложена вкрапленниками оливина, диопсида, редкого пиропа, энстатита, ильменита и большим количеством ксенокристаллов коровых и вмещающих пород. Основная масса сложена серпентином и глинистыми минералами. Алмазов не встречено.

Трубка Грин-Кнобс диаметром 0,8 км находится на границе со штатом Нью-Мексико. Выполнена кимберлитовыми туфами, близкими по составу к кимберлитовой трубке Буэлл-Парк.

Штат Монтана. Алмазы найдены в россыпи рч. Нельсон-Крик в районе Гласиер.

Центральные штаты США — Вайоминг, Колорадо, Канзас, Арканзас, Техас, Иллинойс.

Штат Вайоминг. В южной части штата имеется кимберлитовая площадь с 16 трубками и дайками, расположенная вблизи Фортинга, в 190 км севернее г. Боулдера, известная под названием Айрон-Маунтин.

Величина диатрем изменяется от 3 м в диаметре до 100×600 м. Дайки редко достигают мощности нескольких метров

при длине по простиранию в десятки метров. Кимберлиты прорывают докембрийские, ордовикские и силурийские породы. Возраст кимберлитов предположительно верхний силур — нижний девон. Трубки и дайки выполнены интрузивной брекчией и массивным кимберлитом.

В одной из трубок площади Айрон-Маунтин был найден ксенолит алмазоносного серпентинизированного гранатового лерцолита ([McCallum M. E., Eggler D. H., 1976].

На границе штатов Вайоминг и Колорадо обнаружена кимберлитовая площадь, протягивающаяся от форта Коллинс в штате Колорадо до г. Ларами в штате Вайоминг, содержащая 28 трубок — Аултмон, Феррис 1 и 2, Слоан 1 и 2, Никс 1 и 2, Шаффер 1—13 и др. Самые крупные трубки Слоан 1 (110×550 м) и Шаффер 13 (100×535 м). Контакты с вмещающими породами резкие. Форма трубок округлая или овальная. Чаще всего они выполнены кимберлитовыми брекчиями, а трубки Слоан и Никс — массивным кимберлитом. Кимберлитовые брекчии сложены обломками докембрийских гранитов, гнейсов, кристаллических сланцев, нижнепалеозойских известняков, доломитов, реже конгломератов и песчаников. В трубках Феррис 1, Слоан 1 и Шаффер 2 и 8 найдены ксенолиты с фауной силура и ордовика, что говорит о верхнесилурийском—нижнедевонском возрасте трубок [McCallum M. E. e. a., 1975]. Родственные включения представлены шпинелевыми и гранатовыми лерцолитами, дунитами и эклогитами. Эти включения сцементированы кимберлитом с вкрапленниками оливина, пикроильменита, граната, хромдиопсида и реже энстатита, флогопита, биотита, хромита и циркона. Массивный кимберлит порфировый, серпентинизированный оливин и ортопироксен составляют 50—60% вкрапленников.

В сильно выветрелых трубках присутствуют монтмориллонит, магниевый вермикулит, хлорит и тальк (трубки Шаффер 1, 6, 7, 8, Феррис 1). Кальцит замещает серпентин. Эклогит иногда с кианитом встречен в трубках Шаффер 3 и 13, Слоан 2 и Феррис 2. Размер включений 2—12 см [McCallum M. E. e. a., 1975] (рис. 55).

В трубке Слоан 1 найдено 8, а в трубке Слоан 2—13 мелких алмазов [McCallum M. E., Mabarak C. D., 1976]. Наиболее крупный алмаз весил 0,06 карата. Алмазы прозрачные, стекловатые, от белого до светло-серого цвета. В алмазах имеются мельчайшие включения. Восемь алмазов было представлено октаэдрами, три — додекаэдрами, один — двойником, восемь — агрегатами и два — обломками неправильной формы.

Кроме того, вблизи г. Боулдер имеется одиночная трубка Грин-Маунтин диаметром менее 40 м, прорывающая граниты. Кимберлит и гранит в результате ларамийской орогении смещены из их первоначального положения. В кимберлите присутст-

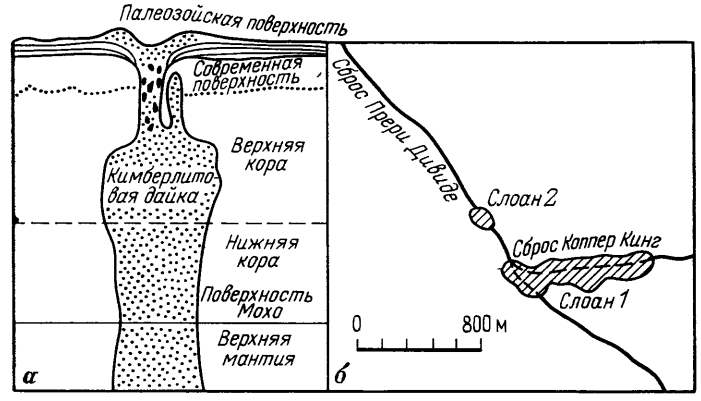

Рис. 55. План (*а*) и разрез (*б*) трубок Слоан 1 и 2 штата Колорадо [McCallum M. E., Eggler D. H., 1976]

вуют оливин, пикроильменит, гранат, кальцит, магнетит, слюда и хромдиопсид.

Штат Канзас. В северной части района Рилей известно пять кимберлитовых трубок — Бала, Леонардвилл, Рандольф 1 и 2, Стокдаль и кратер Уинклер, сосредоточенных на площади 30×40 км [Brookins D. G., 1970]. Они прорывают известняки и сланцы нижней перми. Возраст трубок изменяется от 115±12 до 123±12 млн. лет, т. е. не древнее мела. Трубки имеют размеры до 100 м по длинной оси. Кимберлит в основном сложен серпентинизированным оливином, клино- и ортопироксеном, присутствуют также пироп в келифитовой оболочке, хлоритизированный флогопит и в меньшем количестве ильменит, магнетит, перовскит, апатит и обычные карбонаты. Алмазы отсутствуют. В трубке Стокдаль кроме ксенолитов местных пород содержатся ксенолиты габбро, метагаббро, пироксенитов, гранулитов и гранитов из докембрийского фундамента, а также ксенолиты эклогитов и гранатового перидотита.

Кратер Уинклер цилиндрической формы, диаметром 290 м и глубиной до 15 м. Бурение показало, что до глубины 20—25 м преобладают обломки красных и зеленых сланцев, реже известняка и кремня, смешанных с обломками кимберлита. На глубинах 9—11, 18—21 и 23—25 м были встречены пропластки измененного кимберлита, а типичный кимберлит с гранатом и обломками сланцев был обнаружен на глубине 27—30 м. Алмазов в кимберлитах района Рилей встречено не было.

Штат Арканзас. Алмазные месторождения этого штата расположены в графстве Пайк в окрестностях г. Мурфрисборо на р. Мал. Миссури. Разрабатывались лишь коренные месторождения. Установлено четыре алмазоносных участка на при-

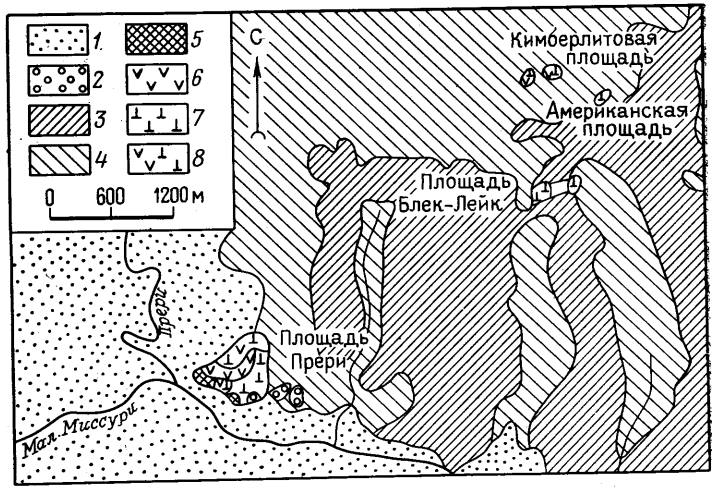

Рис. 56. Схема геологического строения кимберлитового участка кл. Прери в штате Арканзас.

1 — четвертичные отложения — аллювий; *2* — террасовые отложения (верхний мел); *3* — формация Бинген — пески Токио; *4* — формация Тринити (карбон); *5* — песчаники, сланцы; *6* — кимберлитовый туф; *7* — кимберлитовая брекчия; *8* — массивный кимберлит

брежной равнине Гульф вблизи ее границы с горной областью Уакита.

1. Участок ключа Прери. В устье этого ручья находится наиболее крупный выход кимберлита; форма его не установлена. Этот выход сложен тремя разновидностями кимберлита — собственно кимберлитом, слагающим северную часть массива и небольшой участок в южной части, кимберлитовой брекчией, обнажающейся в юго-восточной части массива, и кимберлитовым туфом, занимающим центральную часть массива и имеющим дайкоподобную форму (рис. 56). Кроме основного массива в устье ключа Прери имеется дайка кимберлита мощностью 0,25 м, прослеженная на 15 м.

2. Кимберлеевский участок (отвод № 14) расположен в 4,5 км северо-восточнее участка ключа Прери. На нем известна дайка полукруглой формы мощностью 30 м, сложенная собственно кимберлитом и прослеженная в северо-восточном направлении на 210 м.

3. Участок Американский в 800 м к юго-востоку от Кимберлеевского. Имеется массив кимберлитовой брекчии неустановленной формы, от которого отходит мощная дайка.

4. Участок Блек-Лайк (отвод № 23) находится в верхней части хребта высотой 165 м над уровнем моря. Известен массив, сложенный кимберлитовой брекчией. Участок слабо разведан.

В горах Уачита обнаружен вулканический кратер диаметром около 450 м, выполненный кимберлитовыми породами [Hothem G. L., 1974]. Из него в 1963 г. было добыто 412 алмазов.

Описанные выше массивы кимберлита представляют собой трубки взрыва, образованные рядом последовательных взрывов.

Собственно кимберлит — плотная черно-зеленая порода с мелкими вкрапленниками серпентинизированного оливина, часто окруженного венчиками флогопита. Основная масса состоит из флогопита, мелких призмочек авгита, зерен магнетита, хромита и перовскита. В этой разности кимберлита всего найдено несколько мелких алмазов.

Кимберлитовая брекчия является пирокластической породой серо-зеленого цвета. Она сложена обломками (размером до 6 см) кимберлита и вмещающих массив пород — сланцев, глин, песчаников и др. В брекчии встречены гематит, лимонит, магнетит, хромит, альмандин, пироп, пирит, диопсид, эпидот и прожилки кварца, аметиста и барита. Брекчия наиболее обогащена алмазами по сравнению с другими разновидностями кимберлитовых пород, слагающих массив.

Кимберлитовый туф и сопутствующая ему мелкозернистая брекчия представляют собой плотную породу серого цвета, сложенную хлоритом с остатками флогопита, магнетитом, вторичным кальцитом с большим количеством мелких обломков сланца и реже песчаника. Алмазов ни в туфе, ни в мелкозернистой брекчии обнаружено не было.

Возраст кимберлитов определяется как меловой. Они прорывают породы формации Тринита (нижний мел) и перекрываются породами формации Бинген (верхний мел).

Среднее содержание алмазов в кимберлитовой брекчии 0,16 карата/м^3. При переходе работ из зоны выветрелых пород содержание алмазов в породе снизилось до 0,04 карата/м^3, и работы за нерентабельностью были прекращены. Величина добываемых камней колебалась от 0,01 до 40,22 карата, в среднем 0,4 карата. Всего было добыто свыше 50 000 камней. Среди алмазов преобладали бесцветные (40%), далее шли коричневые (37%), желтые (22%), борт (1%). Карбонадо встречено не было. Качество алмазов высокое, включения и разного рода дефекты встречались редко.

Наиболее распространенной кристаллографической формой являются нарушенные гексаоктаэдры с округлыми гранями. Встречались октаэдры с плоскими гранями. Додекаэдры и тетрагексаоктаэдры редки, кубы отсутствовали. Обломки кристаллов и трещиноватые камни встречались лишь вблизи поверхности.

Штат Техас. Известны находки одиночных кристаллов алмаза в районе Монгомери (2,25 карата) и в Файоне Фоард.

Штат Луизиана. В районе Эверепорт недавно был найден алмаз размером 18,2 карата, которому было присвоено имя Моунсе.

Восточные штаты США — Кентукки, Теннесси, Алабама, Джорджия, Северная Каролина, Виргиния, Пенсильвания, Нью-Йорк и др. В их пределах известны находки кимберлитов (неалмазоносных) и алмазов в аллювии рек, стекающих с Аппалачей.

Штат Нью-Йорк. В его пределах известно 16 даек мощностью до 5 м, обычно 2—25 см. Они расположены в окрестностях г. Лудлоувилл вблизи Итака и прорывают верхнедевонские породы. Возраст их, определенный K-Ar методом, 155±4 млн. лет (юра.). Порода порфировидная, сильно измененная, состоит из вкрапленников слюды и серпентина с редкими свежими вкрапленниками оливина. В основной массе встречены перовскит, апатит, магнетит и изредка мелилит. Отмечается присутствие небольших количеств хромита, пикотита, графита, красного граната и зеленого диопсида. Алмазов не встречено, за исключением дайки Сиракьюз, где был найден небольшой алмаз белого цвета. Один алмаз был найден в аллювии р. Грасе в районе р. Св. Лаврентия.

Штат Пенсильвания. Известны две дайки слюдяного перидотита: одна вблизи Масонтауна в районе Файетте, другая, аналогичная ей, вблизи Диксонвилля в районе Индиана в 60 км к северу. Мощность даек 0,3—1,5 м. Они образованы порфировидной породой с вкрапленниками флогопита, ильменита и кальцита; оливина сравнительно мало. Встречаются также перовскит, зеленый диопсид, титаномагнетит, шпинель и гранат. Возраст, определенный K-Ar методом, 185±10 млн. лет.

Штат Виргиния. Слюдяные перидотиты, аналогичные породам штата Нью-Йорк, были встречены в Моунт Хореб в районе Рокбридже в 55 км к северу от Роаноке. В районе Манчестера был найден алмаз размером 23,75 карата (Дебей), возможно принесенный р. Джемс из района золотых россыпей, а в Западной Виргинии в аллювии ручья Рич — алмаз Пинч массой 34,46 карата.

Штат Теннесси. Кимберлиты найдены в 48 км севернее Кноксвилля у оз. Норрис. Известно два небольших интрузивных тела общей протяженностью около 1000 м. Слагающие их породы сильно изменены, слоистые и содержат большое количество слюды. Кроме слюды в породе присутствуют серпентин, гематит, ильменит, красный и оранжевый гранат. Пикроильменит встречается в небольшом количестве. Флогопит изменен в вермикулит. Много кальцита. Кимберлиты прорывают силурийские и девонские породы, алмазов не содержат. В этом штате известно несколько находок алмазов в аллювии рек Клинч Флет, Коло, Телико и др. Более подробные данные отсутствуют.

Штат Кентукки. В восточной части штата в районе Эллиотт имеются дайки слюдистого перидотита, прослеженные на расстояние 1,25 км, прорывающие нижнепенсильванские осадочные породы. Возможно эти дайки представлены тремя отдельными телами. Порода неравномернозернистая, содержит вкрапленники сильно серпентинизированного оливина, светло- и темно-красного граната, ильменита, флогопита и в небольшом количестве пироксена. Основная масса сложена кальцитом, серпентином и акцессорными перовскитом, апатитом и хлоритом. Возраст интрузий, определенный K-Ar методом, 270±20 млн. лет, Rb-Sr методом — 257±22 млн. лет (верхняя пермь).

Южнее группы Эллиотт, в районе Ливингстона, имеется кимберлитовая дайка Гудсон, а в районе Кондуэлла — дайка Хобби.

Штат Северная Каролина. Все находки алмазов в этом штате приурочены к местности Пьедмонт. Район сложен архейскими изверженными породами и кристаллическими сланцами. Алмазы добывались попутно при разработке золотых россыпей районов Герки, Резерфорд, Мекленбург, Франклин, Мак-Дауэль и Кливленд. Найдены крупные алмазы размером 1—5 каратов. Преобладают бесцветные камни с зеленоватым или желтоватым оттенком, и лишь в районе Кливленда найден алмаз канареечного цвета. В концентратах вместе с алмазами встречались гранат, циркон, монацит, анатаз, магнетит и золото.

Штат Южная Каролина. В этом штате алмазы найдены в районе Спартенбурга.

Штат Алабама. Находки алмазов в этом штате довольно редки. Один алмаз размером 4,25 карата был найден в районе Шельба, в 50 км к югу от Бирмингема, а второй — в районе Ли.

Штат Джорджия. В этом штате алмазы были встречены во многих золотых россыпях районов Холл, Уайт, Хебершем, Бенко, Лемпкин, Даусон, Форсайт, Чероки, Клейтон, Бартоу, Паулдинг, Керолл и Тунгас.

За последние годы в пределах собственно Северо-Американской платформы обнаружено большое количество разнообразных основных и ультраосновных пород. В настоящей работе приводится описание лишь тех из них, принадлежность которых к кимберлитам не вызывает сомнений. Всего открыто свыше 100 кимберлитовых тел различной формы и размеров. Их состав весьма разнообразный (см. табл. 40), а возраст от докембрия (штат Колорадо) до олигоцена (штат Аризона). Алмазоносны лишь кимберлиты Колорадо-Вайоминг (трубки Слоан и др.) и Арканзаса. Не исключена возможность обнаружения новых богатых кимберлитовых полей.

Глава IV

АЛМАЗОНОСНОСТЬ ЮЖНО-АМЕРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Южно-Американская платформа занимает почти всю площадь одноименного континента и только на западе и северо-западе окаймлена складчатой системой Анд, относящейся к Тихоокеанскому поясу. Фундамент докембрийского возраста залегает на разной глубине, значительной в области мезо-кайнозойских и передовых прогибов, и обнажается на поверхности в районе древних щитов и массивов.

Южно-Американская платформа состоит в основном из двух щитов — Гвианского и Бразильского. Последний впадиной Парнаибо, заполненной породами осадочного чехла, делится на Центрально-Бразильский и Восточно-Бразильский щиты. Гвианский и Бразильские щиты разделены глубокой, но узкой впадиной (линеаментом), вдоль которой вытянута долина р. Амазонки. Кроме них имеются небольшие выступы докембрийских пород — массивы Пампинский, Патагонский и Десеадо.

Алмазоносные месторождения найдены как на Гвианском, так и на Бразильском щитах.

Алмазоносность Гвианского щита

Гвианский щит расположен на территории Восточной Венесуэлы, Юго-Восточной Колумбии, Северо-Западной Бразилии, Гайаны, Суринама и Французской Гвианы. Он консолидировался или в конце архея, или в начале нижнего протерозоя. В его строении принимают участие нижнепротерозойская платформа и архейские и нижнепротерозойские складчатые пояса.

Наиболее древние породы (3000 млн. лет) представлены отложениями серий Рупунуни (серии Кануку и Маруди) в Гайане и серией Иль де Кайена в Гвиане. Породы серий Кануку и Маруди мигматизированы гранитами серии Южная Саванна.

Нижний архей (3000—2550 млн. лет) в Гайане сложен рядом формаций (группы Барама и Мазаруни), состоящих из разнообразных осадочных и эффузивных пород, метаморфизованных и смятых в крупные складки, в Венесуэле нижний архей образован группой Пастора и Иматака, в Суринаме и Французской Гвиане — нижней осадочной серией. Верхний архей (2550—1900 млн. лет) в Гайане представлен серией Бартика, а в Суринаме и во Французской Гвиане — сериями Розебел-Орапа и Бонидиро, которые прорваны древними и молодыми (1900—2200 млн. лет) гранитами.

Следующей по возрасту в Гайане является свита Кайетеур, идентичная и одновозрастная группе Рорайма в Венесуэле. Эта группа делится на четыре формации — Уайрен, Кукуенан, Уаемануэ и Матаун. Нижняя часть формации Уайрен (мощность 850 м) выполняет речные долины, врезанные в вулканогенные породы основания, и представлена продуктами выветривания подстилающих вулканогенных пород, щебенкой, тонкозернистыми песчаниками и алевролитовыми глинами. Выше располагаются крупнозернистые песчаники с прослойками галечника и конгломерата. На глубине 210 м находится слой конгломерата мощностью до 20 м (район сел. Санта Елена и Санта Тереза). К северу этот конгломерат расчленяется на два слоя, отстоящих друг от друга на 30 м. Выше располагаются косослоистые песчаники. В общем формация Уайрен имеет аллювиальное происхождение и образована за счет материала, принесенного с востока.

Формация Кукуенан мощностью 100 м сложена листоватыми сланцами. Вверх по разрезу эта формация сменяется формацией Уаемануэ мощностью 250 м, нижние части которой представлены крупнозернистыми песчаниками и конгломератами с прослоями аркозов и яшм. Они выполняют долиноподобные понижения в породах предыдущей формации. Средняя и верхняя части формации Уаемануэ сложены аллювиальными отложениями, возникшими за счет материала, принесенного с юга и запада.

Наиболее молодой формацией группы Рорайма является формация Матаун, сложенная песчаниками аллювиального происхождения. Породы этой формации обнажаются в форме «меза» высотой в несколько сот метров. На вершине горы Рорайма (2580 м) песчаники этой формации образовались за счет материала, принесенного с юга и запада, и содержали мелкие (до 10 мг) низкосортные алмазы.

Между формациями Матаун и Уаемануэ установлено два мощных силла диабазов, разделенных слоем песчаника мощностью 100 м. Общая мощность пород группы Рорайма около 2500 м [Ried A. R., Bisque R. E., 1975]. Возраст группы Рорайма по Rb-Sr методу 1599±18 млн. лет.

Конгломераты формации Уайрен наиболее обогащены алмазами, но алмазы есть и в формации Уаемануэ. Содержание алмазов и золота в породах группы Рорайма непромышленное. Эксплуатируются лишь элювий конгломератов этой свиты. Ряд авторов сопоставляет группу Рорайма с формацией Бирим Западной Африки.

В верхнетретичное время имела место интенсивная эпоха химического выветривания, превратившая все породы в рыхлые пески и глины. Направление речной сети этого периода было близко к современному. В дальнейшем пенепленизированная поверхность к востоку от обрыва Кайетеур была опущена ниже

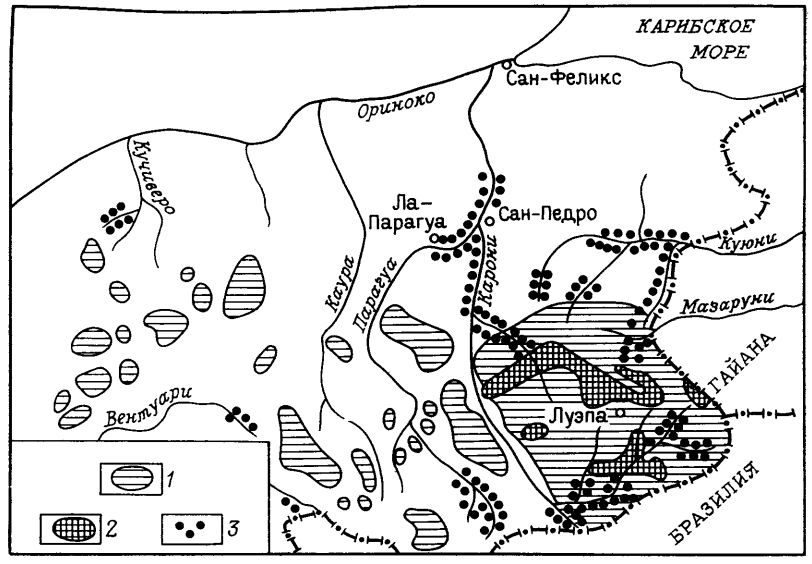

Рис. 57. Схема расположения алмазных россыпей в Венесуэле [Fairbairn W. S., 1971]

1 — формация Рораймa; *2* — основные изверженные породы, *3* — алмазные россыпи

уровня моря. В прибрежной части этого моря были отложены слоистые белые пески, глины и галечники мощностью свыше 100 м. Современные аллювиальные отложения ниже обрыва Кайетеур сложены в основном продуктами перемыва свиты белых песков и подстилающей их коры выветривания.

Алмазные месторождения известны в Венесуэле и Гайане, а отдельные находки алмазов — в Суринаме и Гвиане [Schonberger H., 1974].

Венесуэла. Алмазные месторождения Венесуэлы расположены в северо-восточной части республики, в местности под названием Венесуэльская Гвиана, в бассейнах рек Гуаниамо, Ориноко, Парагуа, Карони, Венпури, Куюни, Мазаруни и др. Разрабатываются русловые, террасовые и ложковые россыпи, возникшие за счет размыва алмазоносных пород группы Рораймы. Известны следующие алмазоносные площади (рис. 57) [Maziarek S., 1975].

Бассейн нижнего течения р. Карони и ее притоков. Эта площадь расположена в северо-восточной части шт. Боливар. По р. Карони россыпи разрабатываются на участке протяженностью в 170 км между р. Каррао на юге и р. Гури на севере. Алмазоносны и левые притоки р. Карони — реки Пао, Санта-Барбара, Ла-Кебелла и Каррао. Разрабатываются сильно размытые террасовые россыпи, пойменные россыпи, сложенные галечниками мощностью 0,3 м, и русловые россыпи, наиболее богатые. Содержание алмазов в россыпях достигало 12,5 карата/м³. Наибольший камень весил 24 карата.

Площадь Гран-Сабана. На западе и юго-западе она ограничена р. Карони, на севере — горами Сьерра-де-Лема, а на востоке — границей с Бразилией и Гайаной. Алмазоносны речные системы Сурукуна, Икабару, Апонгуао, Кукенана и др. Наиболее богат алмазами бассейн р. Сурукуна. Наиболее распространены ложковые россыпи, меньше — террасовые и русловые.

Площадь бассейна р. Куюни и ее притока Венамо. В ее пределах известно два алмазоносных участка — один у слияния ее с р. Чикапан, а другой к востоку от Эльдорадо, по обеим берегам р. Куюни. Река Венамо — правый приток р. Куюни — алмазоносна в верхнем течении, в области распространения пород группы Рораймы (площадь Арагуан).

Площадь р. Гуаньямо и ее притоков. Наиболее богаты россыпи р. Квебрада Гранде, прослеженные на расстояние более 40 км.

Площадь р. Камаран и ее притоков. Река Камаран — приток р. Мазаруни, истоки ее находятся в пределах Гран-Сабана. Россыпи распространены как по самой р. Камаран, так и по левым ее притокам.

Площадь верхнего течения р. Карони. В ее пределах наиболее распространены ложковые россыпи. Мощность галечников 0,6 м. Наиболее богаты россыпи, содержащие повышенный процент гальки и валунов. Мощные галечники, как правило, беднее маломощных.

Помимо этих площадей алмазные россыпи известны в верхнем течении р. Ориноко между реками Кауро и Кучиверо и по правому притоку р. Ориноко — р. Вентуари. Слабая населенность этого района сильно затрудняет его освоение.

Крупные алмазные россыпи распространены также в районе Сан-Елена на границе с Бразилией и на площади Сан-Сальвадор-де-Паул, находящейся на берегу р. Карони, где алмазоносные галечники установлены на площади 120 км² [Maziarek S., 1975].

Наиболее низкосортные алмазы добываются на площади Гуаньямо (табл. 42). Вообще алмазы из бассейна р. Карони преимущественно технические, а с р. Парагуа — ювелирные. Наиболее крупные алмазы встречаются на юге штата Боливар. Средняя величина добываемых алмазов 0,15—0,18 карата, а на площади Гран-Сабана 0,25 карата. Алмазы с р. Венамо обычно крупные, алмазы в 3 карата и более не составляют особой редкости. Они имеют следы изношенности. Наиболее крупный камень ювелирного качества Либертадор весил 154,15 карата. 50% добываемых камней прозрачные, 20—25% камней имеют железистую или известковую «рубашку», 20—25% алмазов харак-

Таблица 42

Добыча алмазов в Венесуэле за 1971 г. [Fairbairn W. S., 1971]

Район	Вид добычи	Ювелирные	Технические	Борт
Сан Педро-де-Лас-Бокас	Старательский	75,29	22,71	2,00
Река Кларио-Плайя	»	65,78	33,22	4,02
Бланка	Дражный	45,70	47,16	7,14
Касабе	Ручной	45,17	40,21	14,62
Сан-Сальвадор-де-Паул	»	45,27	40,08	14,65
Гран-Сабана	»	19,45	39,34	41,21
Гуаньямо				
В среднем		29,94	40,46	29,60

теризуются молочно-белыми налетами и окрашены в желтый, коричневый, реже зеленый, розовый и черный цвет. Камни с р. Нижней Карони (площадь Сан-Педро) отличаются водянопрозрачностью.

В 1946 г. на площади Гран-Сабана впервые был найден кусок карбонадо массой 20,45 карата [Kerr P. F. e. a., 1948]. Карбонадо в россыпях Венесуэлы, согласно Р. У. Михаэлю, не являются особой редкостью. Из кристаллографических форм в Венесуэле преобладают октаэдры, реже встречаются додекаэдры и еще реже двойники. Ежегодная добыча алмазов в Бразилии 400—500 тыс. каратов, причем 85% поступает с площади Гуаньямо. Коренные источники алмазов Венесуэлы неизвестны, предполагают, что они находятся в породах группы Рораймы.

Гайана. Алмазные месторождения Гайаны площадью 20 000 км² расположены в ее северо-западной части в бассейнах рек Куюни, Потаро, Мазаруни, Пуруни, Бербисе, Эссекибо и др. [Pollard E. R. e. a., 1957]. В геоморфологическом отношении (рис. 58) алмазоносную область Гайаны можно разделить на три части [Weeks L. G., 1948].

1. Верхний пенеплен с горами Пакарайма, представляющий собой серию плато с высотами 300—600 м. Наивысшей точкой является гора Рорайма (2580 м). На востоке этот пенеплен ограничен обрывом Кайетеур высотой до 300 м, протягивающимся параллельно побережью на расстоянии 225 км от него. Реки в пределах пенеплена текут в широких и плоских долинах, а в районе обрыва Кайетеур образуют каньонообразные ущелья с водопадами и перекатами.

2. Холмистое нагорье ниже обрыва Кайетеур представлено рядом холмов, вытянутых в северо-западном направлении. Холмы возвышаются над поверхностью белых песков и ранее пред-

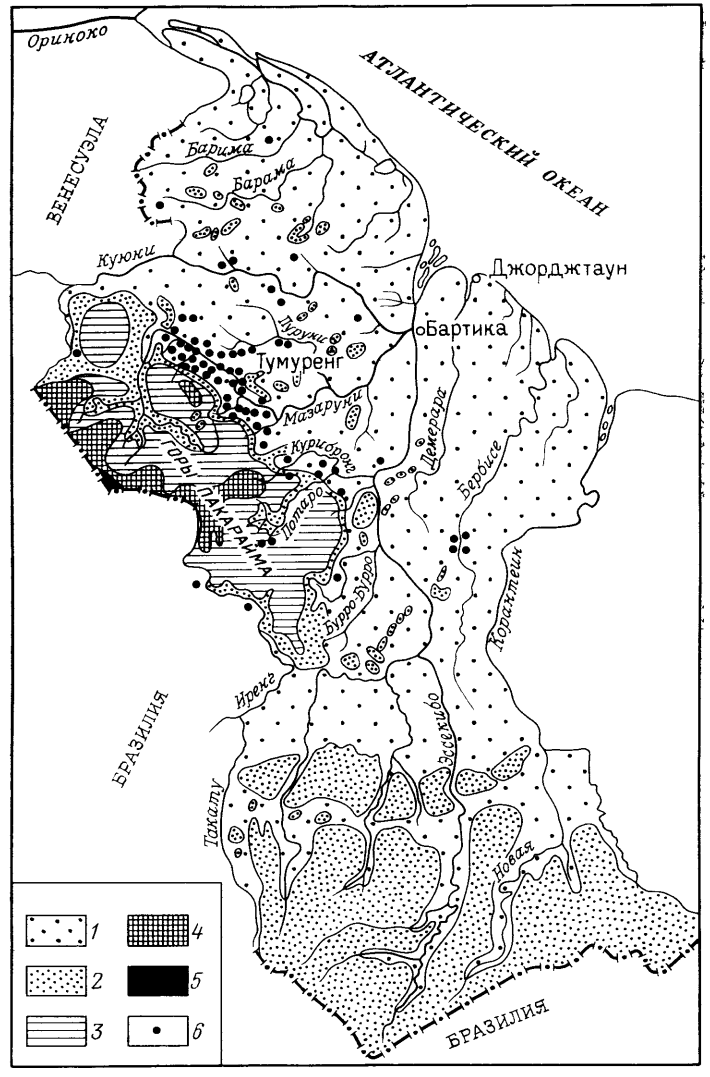

Рис. 58. Гипсометрическая карта Гайаны.

1—5 — высоты: *1* — ниже 200 м; *2* — от 200 до 500 м; *3* — от 500 до 1000 м; *4* — от 1000 до 1500 м; *5* — от 1500 до 2000 м; *6* — алмазные россыпи

ставляли собой острова. Они покрыты латеритизированными и каолинизированными породами. Речные системы в пределах белых песков образуют широкие аллювиальные долины с низкими заболоченными террасами.

3. Прибрежная равнина между холмистым нагорьем и берегом океана — низкая заболоченная поверхность, постепенно сливающаяся с шельфом.

В пределах Гайаны известно несколько генетических типов россыпей [Pollard E. R., 1958].

Древние ископаемые россыпи среди конгломератов и песчаников группы Рораймы — свита Кайетеур, которая в пределах Гайаны покрывает площадь 25 000 км² (рис. 59).

Россыпи древней речной сети, существовавшей до отложения свиты белых песков и не совпадающей по направлению с современной (россыпь Ла Дезир и др.). Галечники этой древней речной сети сложены в основном хорошо окатанной галькой кварца. Имеется две полосы россыпей этого возраста. Одна расположена в бассейне р. Пуруни — от р. Такуба до рек Энаču и Патакому, а вторая — в бассейне р. Мазаруни, от р. Эпинга до р. Номанс-Ленд.

Ископаемые россыпи в свите белых песков, расположенные в пределах холмистого нагорья. Речная сеть этого возраста была относительно короткой и местами имела характер горных потоков, которые при выходе из пределов обрыва Кайетеур образовывали мощные конусы выноса галечника среди песков. Россыпи белых песков сохранились на вершинах возвышенностей и известны под названием россыпей холмов. Эти россыпи сложены хорошо окатанной галькой устойчивых пород с тем или иным количеством щебня местных пород. Иногда эти россыпи содержат несколько горизонтов алмазоносных галечников. В долинах этого возраста установлено не менее двух надпойменных террас. Существует несколько полос россыпей белых песков: одна расположена параллельно современному течению р. Мазаруни, вторая пересекает реки Путаренг, Серенаму, Энаčи и др., третья расположена восточнее р. Пуруни в 15 км от р. Мазаруни и т. д. Содержание алмазов и золота в этих россыпях бедное, и они эксплуатируются лишь в очень ограниченном объеме.

Россыпи современной речной сети (террасовые, пойменные и русловые) расположены на более низких гипсометрических отметках по сравнению с россыпями холмов. Высота террас на востоке не превышает 15 м, а на западе 24 м. Они сильно размыты и их галечники местами сцементированы окислами железа.

Пойменные россыпи обычно сложены продуктами перемыва пород группы Рораймы и белых песков с тем или иным количеством щебня местных пород. Мощность галечников 0,26—0,6 м.

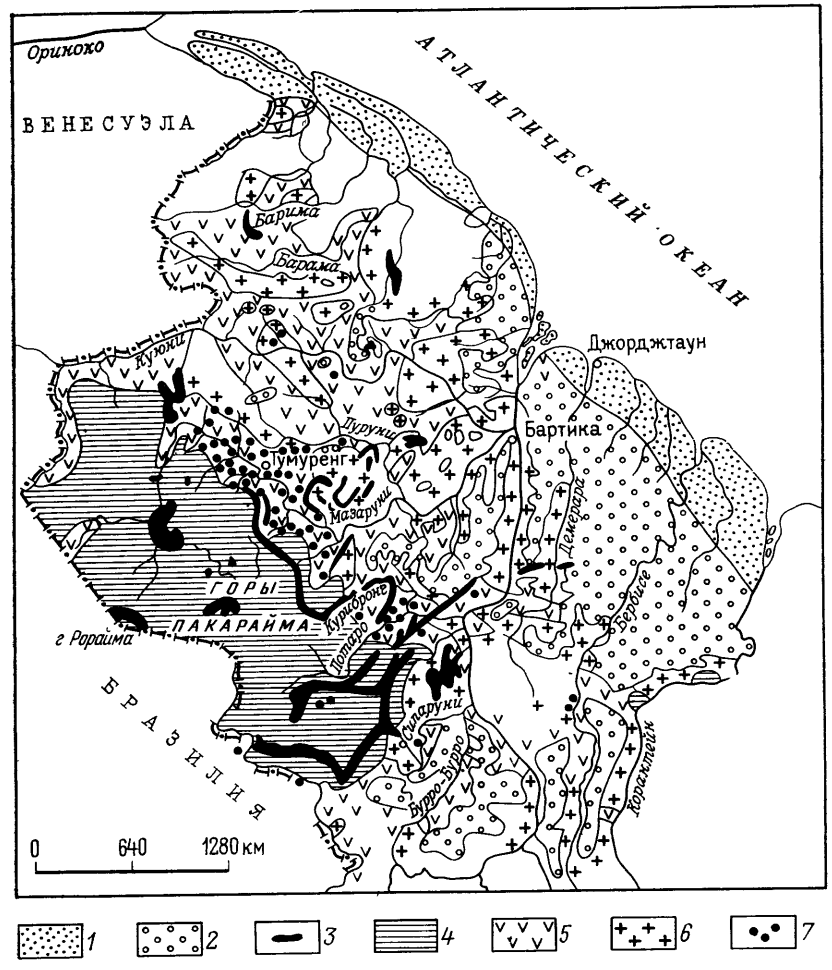

Рис. 59. Схематическая геологическая карта Гайаны.

1 — прибрежные пески аллювиального происхождения, *2* — свита белых песков, *3* — габбро; *4* — свита Кайетеур (Рорайма); *5* — вулканогенная свита; *6* — граниты и гнейсы; *7* — россыпи алмазов

Русловые и косовые россыпи широко распространены и являются основным источником добываемых алмазов. Имеется две разновидности русловых россыпей. Одна, расположенная в пределах обрыва Кайетеур, приурочена к западинам плотика в русле реки, конусам выноса боковых притоков, основанию порогов и перекатов и к различного рода препятствиям в русле реки (свалам камней, дайкам твердых пород, пересекаемых рекой, и др.). Россыпи этой разновидности обычно небольшие, сложены крупнообломочным материалом и часто характеризуются

повышенным содержанием алмазов. Вторая разновидность россыпей находится в пределах холмистого нагорья и приурочена к широким и плоским долинам. Она представлена крупными россыпями длиной в несколько километров и шириной до 600 м с наносами мощностью до 6 м. Содержание алмазов в этих россыпях довольно высокое, но распределение алмазов в них весьма неравномерное.

В пределах Гайаны выделяются следующие алмазоносные площади.

Площадь бассейнов рек Мазаруни и Пуруни, находящаяся в 200 км к западу от Джорджтауна и простирающаяся от подножья гор Пакарайма на 80 км вниз по р. Мазаруни. В ее пределах выделяется несколько алмазоносных участков [Bracewell S., 1947].

Участок рек Иссинеру, Тамакай и Пуруни — от водопада Апакупи на р. Иссинеру до водораздела с р. Пуруни. Разрабатываются россыпи логов и мелких речек, размывающих россыпи холмов. Севернее существует вторая полоса подобных россыпей протяженностью около 9 км. Русловые россыпи установлены по р. Иссинеру и по р. Мазаруни выше водопадов Апайква. Средняя масса алмазов этого участка 0,12—0,15 карата.

Участок рек Путаренг и Энаци — левых притоков р. Мазаруни. Разрабатываются россыпи холмов с мощностью галечников 0,3—0,9 м, расположенных на каолиновой коре выветривания белого цвета. Алмазы р. Путаренг мелкие (0,05—0,08 карата) и невысокого качества (борта до 90%). Отмечается большое количество обломков алмазов зеленого цвета.

Участок р. Мазаруни от пристани Оранапай в 25 км ниже устья р. Энаци. Разрабатываются ложковые, русловые и террасовые россыпи современной речной сети, возникшие за счет перемыва россыпей холмов. Качество алмазов участка невысокое.

Участок рч. Меаму — правого притока р. Мазаруни, впадающего в нее ниже устья р. Иссинеру. Разрабатываются россыпи по рч. Меаму и по некоторым ее притокам. Алмазы участка высокого качества и часто встречаются в железистой рубашке. Средняя масса их 0,2—0,25 карата.

Участок р. Курупунг — крупного правого притока р. Мазаруни, истоки которого расположены на склонах гор Пакарайма на высоте 750 м. Алмазные россыпи известны на протяжении 38 км — от водопадов Мокреба до устья, как по самой р. Курупунг, так и по ее притокам. Разрабатываются террасовые и русловые россыпи, возникшие в результате перемыва базальных конгломератов группы Рорайма и россыпей холмов. Разрабатываются россыпи с содержанием не ниже 0,5 карата/м^3. Средний размер камней 0,25 карата. Этот участок дал свыше 500 000 каратов. Кроме р. Курупунг алмазоносны и ее притоки — Сегенанг, Иматта-Крик, Такуоба, Уемблей, Эпинг, Перенонг, Меруме и др.

Площадь р. Потаро — крупного левого притока р. Эссекибо — алмазоносна на участке между водопадами Тикейт в ущелье Кайетеур и р. Курибронг (левый приток р. Потаро) и расположена в пределах верхнего пенеплена и холмистого нагорья. Площадь ее 725 км^2. Разрабатываются россыпи холмов, террасовые и русловые россыпи современной речной сети. Кроме р. Потаро и ее притоков алмазы содержатся в небольших речках и логах на водоразделе Потаро и Иренг (россыпи Макле и др.). Мощность алмазоносных галечников 0,15—0,30 м, а наносов 0,9—2,7 м.

Алмазы площади р. Потаро обычно бесцветные. Имеются мелкие камни синего и густо-зеленого цвета. Преобладают октаэдры и ромбододекаэдры. 25% камней технические. Наиболее крупные камни найдены в районе гор Пакарайма.

Площадь р. Куюни. На этой площади россыпи сосредоточены в верхнем и среднем течении реки. В верхнем течении имеется два алмазоносных участка — Экереки и Венамо, где эксплуатируются террасовые россыпи, образованные за счет перемыва россыпей холмов. На р. Венамо галечники этих террас сцементированы окислами железа. Алмазы россыпей Венамо крупные (3 карата и более). В среднем течении р. Куюни распространены россыпи холмов, протягивающиеся полосой от р. Картуни на северо-восток вдоль рек Торопари и Арайвонг. Она пересекает р. Куюни и продолжаются в верховья Уайнес. Другая полоса подобных россыпей известна в верховьях Картуни. Добываемые алмазы мелкие, но хорошего качества.

Площадь северо-западного района в верхнем течении р. Кутуау, где по рч. Япна известны русловые, а по рч. Барама террасовые россыпи, возникшие в результате размыва россыпей холмов. Преобладают мелкие камни размером до 0,25 карата.

Площадь р. Бербисе расположена вдоль этой реки, от порогов Марлисса (в 100 км от Парадиса) до водопада Христмас. Разрабатываются русловые и пойменные россыпи. Алмазоносны и левые, и правые притоки р. Бербисе.

Площадь Рупунуни в бассейне р. Эссекибо, простирающаяся от водораздела верхнего течения рек Потаро и Мазаруни, через бассейн р. Иренг в пределы Бразилии. Разрабатываются русловые россыпи вблизи выходов пород группы Рораймы. Качество алмазов низкое, много трещиноватых и окрашенных камней. В западном направлении качество алмазов улучшается. Средний размер камней 0,12—0,15 карата.

Северная Бразилия. В ее пределах алмазные россыпи известны по рекам Риу-Бранку, Куипо и Иренг. Река Риу-Бранку (приток р. Амазонки) в верхнем течении находится в пределах Гайаны. Алмазы Северной Бразилии мелкие, но хорошего качества. Преобладают ювелирные разности. Наиболее продуктивной площадью Гайаны является бассейн р. Мазаруни. Ежегодная добыча Гайаны не превышает 100 000 каратов.

Алмазы Гайаны почти идентичны алмазам Венесуэлы, но по качеству несколько уступают алмазам Бразилии. Из кристаллографических форм преобладают октаэдры и округлые додекаэдры. Октаэдры обычно бесцветные, а додекаэдры окрашены в зеленоватые и голубоватые цвета. Много желтых камней, встречается борт серого цвета. Часть камней имеет зеленоватую оболочку, исчезающую при огранке. У некоторых алмазов видны следы износа. Камни, добываемые из россыпей правых притоков р. Мазаруни, лучше по качеству, чем из россыпей левых притоков. Средняя величина добываемых алмазов не превышает 0,05—0,25 карата. Наибольший алмаз (борт) весил 97 каратов, а ювелирного качества 56,75 карата. Карбонадо в Гайане не найдены.

Все алмазы в Гайане добываются из россыпей, источником которых являются породы группы Рораймы (докембрий). Коренной источник алмазов Гайаны неизвестен.

Суринам. В пределах Суринама известны лишь единичные находки алмазов в золотых россыпях района Миндренети, расположенного между реками Суринам и Дериман [Schoenberger I. M. K., 1975]. В 1952 г. в районах Сабанпассия и Розебел в ручьях, размывающих субграувакковые конгломераты Розебел (аналог группы Рорайма) было найдено 106 алмазов массой 49 каратов. Средняя масса 0,46 карата [Kooten C. van, 1958]. Породы группы Рорайма из пределов Гайана продолжаются и на территорию Суринама [Priem H. N. e. a., 1973], так что алмазы Суринама имеют, вероятно, тот же источник, что и алмазы Венесуэлы и Гайаны.

Гвиана. Находки алмазов известны на юго-востоке страны вблизи Кайенны в горах Ко по мелким притокам р. Орапу, размывающих докембрийские конгломераты с кварцевой галькой в песчаном цементе. Алмазы мелкие (0,05 карата), но хорошего качества. Они встречены в слабо окатанном и латеритизированном галечнике. Возможно, источник алмазов Французской Гвианы тот же, что и алмазов Суринама.

Алмазоносность Бразильского щита

Бразильский щит занимает почти всю территорию Бразилии и Уругвая, северо-восток Боливии, северо-восток и крайний юг Парагвая и, возможно, бóльшую часть Аргентины. Он состоит из Центрально-Бразильского, Восточно-Бразильского и отдельных массивов — Патагонского, Помпинского, Дессадо и др. и складчатых поясов, образовавшихся при завершении среднепротерозойского (алгоманского) и байкальского (ассинтского) складкообразования [Геология месторождений..., 1968]. Окончательная консолидация и переход к платформенному этапу развития произошли в конце рифея, позже, чем на Гвианском щите.

Кроме Амазонского линеамента восток-северо-восточного простирания на востоке Южно-Американской платформы и в ее краевой западной части выделяются линеаменты Сан-Франсиску северо-северо-восточного простирания, Аргентинский, субпараллельный линеаменту Сан-Франсиску, и Перуанско-Боливийский северо-западного простирания. Все они были заложены в докембрии.

Параллельно главным линеаментам на Бразильском щите в архее, протерозое и рифее формировались складчатые пояса, сводовые поднятия и прогибы. Установлено пять главных прогибов (рис. 60): Амазонский, Сан-Франсиску-Парнаиба-Мараньянский, Паранский, Чако-Помпасский и Патагонский, в пределах которых были отложены мощные разновозрастные толщи осадков. Крупные сводовые поднятия ориентированы параллельно главным линеаментам, игравшим важную роль в более поздней тектонической истории Бразильского щита.

Самыми древними породами щита являются нижнеархейские серии Мантикейра — ленточные гнейсы, амфиболиты с гранатом и др. Местами эти породы гранитизированы (2500 млн. лет). Они несогласно залегают на серии Барбасена, сложенной кварц-слюдяными сланцами, гнейсами и др. Более молодая формация Лафайет представлена слюдяными сланцами, кварцитами, граувакками, туфами, диабазами и марганцевыми рудами. Породы верхнего архея отделены от серии Минас (1650—1340 млн. лет) нижнеальгонского возраста крупным угловым несогласием. В серии Минас выделяют следующие формации: Караса — базальные конгломераты, кварциты, филлиты и сланцы; Итабара — итабериты и доломиты; Парасикабо — филлиты, кварциты, доломиты, граувакки, метаморфизованные эффузивы и их туфы. Общая мощность серии Минас около 7000 м.

Выше залегает формация Тирадентес (серия Итаколуми) мощностью 800 м, состоящая из кварцитов, песчаников, известняков и кварцевых конгломератов.

Формация Тирадентес перекрыта формацией Карандай, аналогами которой служат формация Макаубас и серия Лаврас. Последняя сложена песчаниками, конгломератами, тиллитами, глинистыми сланцами с прослоями известняков (верхний рифей—венд). Еще выше располагается формация Баррозо (известняки, богатые графитом), которая в свою очередь перекрыта формацией Прадос, состоящей из базальных конгломератов, филлитов и алевритов. Серия Бамбуи залегает на породах серии Лаврас и сложена песчаниками, глинистыми сланцами и известняками (нижний палеозой). Более молодой является формация Томбадур (песчаники и сланцы).

Складчатое основание Бразильского щита окончательно сформировалось в самом конце протерозоя (около 600 млн. лет), значительно позднее Северо-Американской платформы.

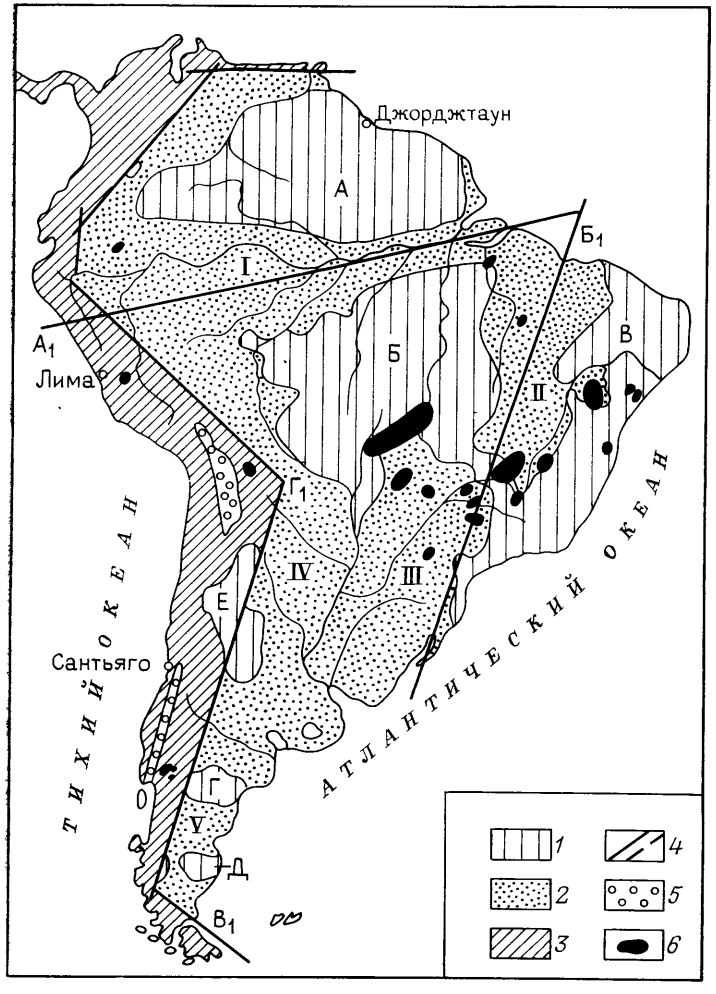

Рис. 60. Геотектоническое районирование Южно-Американской платформы (по С. Е. Колотухиной, 1968 г.) и схема районирования алмазоносных площадей Бразилии (по T. Draper, 1950).

1 — докембрийские щиты и массивы: А — Гвианский щит, Б — Центральный Бразильский щит, В — Восточный Бразильский щит, Г — Патагонский массив, Д — массив Дессадо, Е — Помпинский массив; *2* — платформенные прогибы: I — Амазонский, II — Сан-Франсиску-Парнаиба-Мараньянский, III — Паранский, IV — Чако-Помпасский, V — Патагонский; *3* — Андийская складчатая система; *4* — древние линеаменты: $А_1$ — Амазонский, $Б_1$ — Сан-Франсиску, $В_1$ — Аргентинский, $Г_1$ — Перуанско-Боливийский; *5* — грабены, заполненные неогеновыми и четвертичными отложениями; *6* — алмазные площади

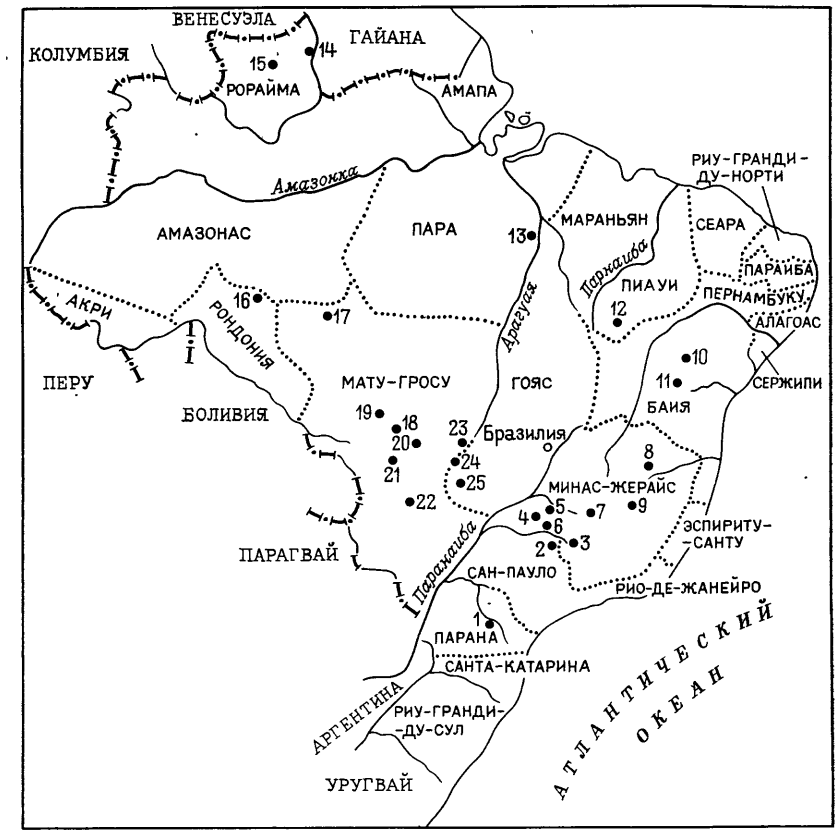

Рис. 61. Главные центры алмазной добычи в Бразилии [Svisero D. P. e. a., 1977].

Алмазоносные площади Бразилии: 1 — Тибажи, 2 — Франка, 3 — Тирос, 4 — Эстреладе-Сул, 5 — Коромандел, 6 — Олмария, 7 — Абаете, 8 — Гран-Могол, 9 — Диамантина, 10 — Морру-ду-Шапеу, 11 — Ленсойс, 12 — Жильбуес, 13 — Моддай, 14 — Тепекуем, 15 — Урарикоэра, 16 — Машаду, 17 — Арицуакан, 18 — Шапада-Гимараес, 19 — Диамантина, 20 — Пошореу, 21 — Рондополис, 22 — Кошим, 23 — Барра-дос-Гарсас, 24 — Бализа, 25 — Минейрус

В пределах Бразильского щита алмазные месторождения широко распространены лишь в Бразилии, а отдельные находки алмазов известны в Боливии, Чили и Перу.

Бразилия. Основные месторождения Бразилии (рис. 61) расположены по восточной окраине Центрально-Бразильского щита, в Сан-Франсиску-Парнаиба-Мараньянском прогибе в районе линеамента Сан-Франсиску и по западной окраине Восточно-Бразильского щита [Maciel P., 1973].

Амазонский прогиб. В самой северной точке прогиба — площади Риу-Негру — известны небольшие алмазные рос-

сыпи. Кроме того, алмазные россыпи найдены по р. Токантинос, юго-восточнее г. Белен (штат Пара, площадь Мараба). Добыча производится лишь в низкую воду. Добываемые алмазы мелкие, но хорошего качества.

Центрально-Бразильский щит. Алмазные месторождения встречаются лишь по его восточному краю. В его пределах известны следующие алмазоносные площади [Draper T, 1950].

Бассейн верхнего течения рек Арагуая и Парагвая, где установлены алмазоносные площади рек Гарсас, Диамантину, Кошим и др.

Алмазная площадь р. Гарсас — левого притока р. Арагуая. По реке на протяжении 30 км встречено 45 кварцевых жил, пересекающих реку. Около них вверх по реке образуются россыпи. Выделяют два участка. Первый длиной 3 км расположен выше кварцевой жилы 15, а второй — в 16 км от впадения р. Гарсас в р. Арагуай. В русле р. Гарсас есть западины, выполненные алмазоносным материалом, а также изолированные пятна алмазоносного аллювия и скопления его около валунов в русле реки. Бóльшая часть россыпей р. Гарсас выработана. Большинство алмазов этой площади бесцветные, мелкие, массой до 1 карата. Из кристаллических форм преобладают пирамидальный куб и гексаоктаэдры.

Алмазная площадь Диамантину находится в верхнем течении рек Парагвая и Мансо. Известны алмазоносные участки Росарио, Раусинья, Куиба и др. Разрабатываются аллювиальные россыпи древней и современной речной сети, перекрытые довольно мощными наносами.

Алмазоносная площадь Кошим расположена в верхнем течении р. Таугари, левого притока р. Парагвая. Разрабатываются россыпи мелких притоков рек Юрена, Акундауна, Яури и др. Добываемые на этой площади алмазы мелкие, преобладают округлые додекаэдры. Помимо этого известны алмазные россыпи по рекам Бонито, Питомоас, Сан-Лоренсо, Коррентас и др.

В штате Гояс алмазные россыпи обнаружены в верхнем течении р. Арагуая — по рекам Бализа, Регистро-ду-Арагуай, Сан-Домингус и Кларо. Алмазы мелкие, но хорошего качества. Около 50% камней коричневые. Наиболее богат алмазами район р. Кларо. В северной части штата распространены древние красноцветные алмазоносные отложения и найдены две трубки кимберлита. Более подробные данные отсутствуют.

В бассейне р. Паранаиба вблизи г. Каталан эксплуатируются россыпи по рекам Вериссимо и Санта-Рита-ду-Паранаиба. В 1948 г. в районе г. Каталан был найден алмаз размером 200 каратов.

Прогиб Мараньян-Парнаиба-Сан-Франсиску. В его пределах сосредоточена основная масса алмазных

месторождений Бразилии. Все они тяготеют к древнему линеаменту Сан-Франсиску. Известны следующие площади.

Площадь р. Секо в штате Мараньян. Разрабатываются аллювиальные россыпи. В 1924 г. на этой площади было добыто 1200 каратов алмазов. Алмазы известны также по р. Капивари в 40 км от р. Секо, где они встречаются вместе с рубинами, изумрудами и цирконами.

Площадь Гальбуес в южной части штата Пиауи. Разрабатываются россыпи древней речной сети, которые занимают площадь 14 000 км². За месяц на этой площади добывается более 1000 мелких алмазов. Несколько мелких алмазов было найдено в районе Барраго-Фонда в 150 км к востоку от сел. Терезина.

В пределах Мараньян-Парнаиба-Сан-Франсисского платформенного прогиба расположена часть алмазных месторождений штата Байя — Шапада-Диамантина и некоторые другие.

Восточно-Бразильский щит расположен параллельно побережью Атлантического океана к югу от штата Байя.

Главная алмазоносная площадь этого штата Шапада-Диамантина расположена в его центральной части, на плато высотой 1050 м. Геологическое строение этой площади следующее:

1. Наиболее древними породами площади являются архейские гнейсы и кристаллические сланцы, прорванные гранитами нескольких возрастов.	
2. Свита Жакобина (1000 м) несогласно залегает на древнем кристаллическом основании и представлена кварцитами, песчаниками, железняками и метаморфическими сланцами	1000 м
3. Свита Томбадор лежит несогласно на предыдущей и состоит из кварцевых песчаников	400—500 „
4. Сланцы Кабокло коричневого, темно-красного и серого цвета с прослойками песчаников согласно залегают на песчаниках Томбадор	500 „
5. Свита Парагуассу состоит из глинистых песчаников, желтых и красноватых кремнистых сланцев и др. Переход от сланцев Кабокло постепенный	500 „
6. Свита Лаврас несогласно залегает на предыдущей и сложена песчаниками с мощным слоем базального, местами косослоистого алмазоносного конгломерата. Галька последнего в основном представлена песчаниками, напоминающими песчаники свиты Томбадор, реже встречаются галька песчаников свиты Парагуассу и неизвестной в районе эффузивной породы .	250 „
7. Свита Энстансия — красные песчаники и сланцы с кремнистыми включениями — расположена на складчатых породах свиты Лаврас	350 „
8. Свита Салитре залегает согласно на свите Энстансия и сложена голубыми, реже розовыми и белыми мелкозернистыми известняками, местами мраморизованными	450 „
9. Четвертичные озерные и речные отложения и известковые туфы.	

В центральной части Шапада-Диамантина находится зона антиклинальных складок, на склонах которой лежат горизонтальные породы свит Энстансия и Салитре. На восточном краю

плато имеется обрыв высотой до 95 м. Долины рек в пределах плато каньонообразные и изобилуют водопадами.

Главные алмазоносные участки расположены в верхнем течении р. Парагуассу.

В пределах Морро-ду-Шапеу ширина плато около 50 км. В структурном отношении плато является западным крылом крупной антиклинали, сложенной породами свит Томбадор, Кабокло и Лаврас. Уставновлены две полосы алмазоносных конгломератов свиты Лаврас — западная и восточная. С западной полосой связаны россыпи Карнаиба, Мартин, Аффонсо, Канто и др., с восточной — россыпи Боа-ду-Шико, Гургальо, Фонте-де-Кима, Пальмейрас и др.

Наиболее богат алмазами базальный конгломерат, лучше всего представленный в Барру-Бранку и Венамо в окрестностях г. Ленсойса. Разрабатываются элювиальные россыпи на склонах плато и у подножья Сьерра-дас-Лаврас и аллювиальные по р. Парагуассу и ее притоку р. Санта-Антониу.

В бассейне р. Парагуассу можно выделить четыре орографические области, характеризующиеся различной алмазоносностью.

Первая область охватывает водораздел р. Парагуассу и его притока р. Санта-Антониу и продолжается вниз по реке до водопада Пасагем-ду-Андарай. Средняя высота области около 1000 м, высота отдельных вершин 1200—1500 м. В структурном отношении первая область представляет собой антиклиналь, крыло которой в районе г. Ленсойса падает на восток и разбито рядом сбросов. Крыло сложено песчаниками свиты Парагуассу и конгломератами свиты Лаврас общей мощностью около 500 м.

Россыпи в районе Санта-Изабелла, Шики-Шики, Андарай, Ленсойс, Ассуруа и Пальмейрас пространственно связаны с выходами мощных конгломератов (6—10 м), залегающих в средней части толщи песчаников. Вдоль восточного обрыва между Санта-Изабелла и Ленсойс на протяжении более 60 км конгломерат почти целиком слагает склоны плато и характеризуется падением 20—30° на восток.

Вторая область протягивается от водопада Пасагем-ду-Андарай до дер. Бебедору и имеет высоту 500—600 м. Она рассечена долинами р. Парагуассу и ее притока р. Уна на глубину 200 м и более. В ее пределах алмазоносные отложения встречаются отдельными пятнами в русле р. Парагуассу. Третья и четвертая орографические области бассейна р. Парагуассу расположены в пределах Восточно-Бразильского щита.

Спутниками алмазов в россыпях бассейна р. Парагуассу являются рутил, ильменит, турмалин, кианит, магнетит, ставролит, корунд, монацит, гранат, красный циркон и др.

Аналогичное строение имеют районы Мусуге, Синкора и др., где также известны алмазные россыпи, связанные с конгломератами свиты Лаврас. Во всех россыпях окрестностей Морру-ду-Шапеу вместе с алмазами встречаются карбонадо, которые обычно крупнее алмазов. Лучшие алмазы и карбонадо добываются на участке Эстива-Мусуге. Алмазы, добываемые в штате Байя, на мировом рынке известны под именем алмазов Синкора. Крупные камни в 3,5 карата являются редкостью. Обычно они продолговатой формы и окрашены в желтый, зеленый, коричневый и красноватый цвет. 30% добычи составляют технические камни.

Алмазоносные площади штата Минас-Жерайс расположены в платформенном прогибе Мараньян-Парнаиба-Сан-Франсиску. Штат Минас-Жерайс находится на холмистом нагорье, которое круто обрывается на юго-восток к побережью Атлантического океана и постепенно повышается на север.

По Д. Морайсу, наиболее древние породы штата представлены докембрийскими гнейсами и кристаллическими сланцами с пропластками мрамора, они прорваны гранитами и рядом других пород. По краям древнего докембрийского основания обнажаются метаморфизованные филлиты, кварциты, итабериты и известняки свиты Минас. Породы свиты Итаколоми лежат несогласно на породах свиты Минас. Они сложены кварцитами, филлитами и песчаниками, содержащими иногда некоторое количество гальки. На границе свит Минас и Итаколоми отмечаются складчатость и интрузии гранитов, пегматитов, базальтов, диабазов и изверженных алмазоносных пород. Алмазоносные породы подверглись серицитизации, каолинизации, были сильно рассланцованы и приобрели облик «филлитов». Интрузия диабазов моложе интрузии алмазоносных пород.

Свита Лаврас (кембрий) сложена формацией Сопа — алмазоносные конгломераты ледникового происхождения и формацией Макаубас — филлиты и песчаники, напоминающие тиллиты ледникового происхождения. Конгломераты формации Сопа состоят из гальки пород Итаколоми и Минас и реже гранитной и диабазовой. Цемент их преимущественно песчаный, иногда глинистый. Филлитовидные конгломераты формации Макаубас содержат валуны и гальку с типичной ледниковой штриховкой. Обе эти формации собраны в складки широтного простирания и метаморфизованы интенсивнее покрывающей их свиты Бамбуи (силур).

Свита Бамбуи широко распространена в центральной части штата Минас-Жерайс в бассейне р. Сан-Франсиску и сложена песчаниками и сланцами с прослоями известняка. В перми происходила эффузия и интрузия нефелиновых пород. Породы Гондванской системы (триас) встречены в бассейне левых притоков р. Параны и представлены базальными конгломератами и песчаниками. В верхнем триасе произошло излияние базальтовой магмы, покрывшей огромные пространства в штате Парана. В штате Минас-Жерайс они известны в его западной части.

Меловые отложения сохранились только на самых возвышенных частях рельефа. На площади бассейна р. Сан-Франсиску (реки Абаете, Санта-Антониу и др.) известны меловые алмазоносные конгломераты, лежащие на породах свиты Бамбуи. Третичные отложения залегают преимущественно на побережье Атлантического океана в устьях рек Пардо, Жекитиньоньи, Мукури и др. Они представлены горизонтальнолежащими песками и глинами плиоценового возраста мощностью 30—40 м.

Четвертичные породы сложены латеритами, покрывающими поверхность нагорья и местами речные террасы. Галечники террас в ряде мест сцементированы окислами железа.

Алмазоносные площади расположены в западной и восточной частях штата. На востоке известны площади Кокаес, Диамантина и Гран-Могол, а на западе — площади Триангуло-Минейро и бассейна р. Сан-Франсиску [Gregory M., 1948].

Алмазоносная площадь Кокаес находится в южной части штата вблизи Санта-Барбара на плато высотой 1100 м, являющемся водоразделом рек Сан-Франсиску и Досе. Разрабатываются небольшие ложковые россыпи на площади в несколько квадратных километров.

Алмазоносная площадь Диамантина занимает оба склона хр. Сьерра-Эспиньясо и вытянута в северном направлении более чем на 150 км при ширине 30—50 км. Восточный склон хребта более пологий и доходит до берегового обрыва, а высота западного 1100—1500 м, он круто обрывается к более низкому плато высотой 600—900 м, сложенному известняками и сланцами. В пределах плато речные долины широкие и плоские, а в пределах Берегового хребта каньонообразные, глубина их до 300—400 м. В пределах площади Диамантины известны следующие типы алмазных месторождений: 1) коренные месторождения в «филлитах»; 2) алмазоносные конгломераты формации Сопа свиты Лаврас; 3) третичные или плейстоценовые конгломераты Диамантина, представляющие собой отложения древних временных потоков на поверхности древнего основания; 4) элювиальные и делювиальные россыпи на выходах более древних алмазоносных отложений; 5) аллювиальные россыпи современной речной сети. Все месторождения площади Диамантина можно разбить на три крупные группы — северную, центральную и южную (рис. 62).

Северная группа месторождений расположена в пределах хр. Сьерра-Эспиньясо в верховьях рек Каете-Мирим, Капивари, Аурафино и др. на высоте 1500—1650 м (рис. 63). Месторождения северной группы приурочены в основном к алмазоносным «филлитам» (месторождения Лавра-ду-Дурро и Лавра-ду-Барро в сел. Сан-Жоан-ду-Шапада, Кампо-ду-Сампайо, Коррего-Нова, Марриньос, Паган, Коррейас и др.).

Месторождение Сан-Жоан-ду-Шапада расположено в районе одноименного селения. Алмазы встречены в эруптивной брек-

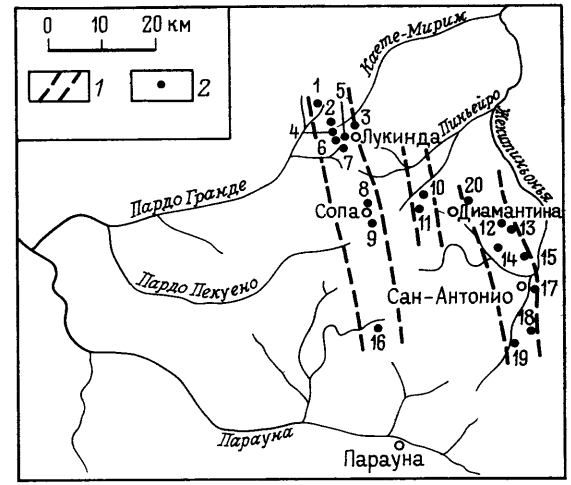

Рис. 62. Схема распространения алмазных месторождений на площади Диамантина

1 — жилы алмазоносных «филлитов», *2* — алмазные месторождения, 1 — Коррего-Нова, 2 — Кампо-ду Сампайо, 3 — Марриньос, 4 — Паган, 5 — Сан Жоан-ду-Шапада, 6 — Коррейас, 7 — Лукинда, 8 — Сопа, 9 — Гуинда, 10 — Перпетуа, 11 — Брумандиньо, 12 — Бом-Суксессо, 13 — Боа-Виста, 14 — Серринья, 15 — Ковалло-Морте, 16 — Даттас, 17 — Санту-Антониу, 18 — Кампо-Алегре, 19 — Лажис

чии — мягкой (барро) и плотной (дурро). Брекчия состоит из обломков кварцита в мягком каолин-серицитовом цементе флюидальной текстуры. Обломки кварцита рыхлые, угловатой и округлой формы, со следами травления и перекристаллизации, длинные оси их ориентированы параллельно зальбандам. Вмещающие породы — кварциты Итаколоми. В цементе брекчии встречаются включения кристаллов кварца с концевыми гранями; брекчия рассланцована и пересечена многочисленными кварцевыми жилами с друзовой структурой. На месторождении имеются выработки протяженностью 500 м при ширине 40 м и глубине до 20 м.

В месторождении Лавра-ду-Дурро среди кварцитов Итаколоми обнаружены мощная брекчия и дайка серицитизированных «филлитов», участвующих в складчатости. От брекчии отходят многочисленные апофизы.

Месторождение Кампо-ду-Сампайо (или Кадете) находится в 2 км к северо-западу от сел. Сан-Жоан-ду-Шапада на левом берегу р. Каете-Мирим на высоте 320 м. На месторождении среди белых, розовых и серых «филлитов» обнаружена брекчия, сложенная обломками кварцитов и песчаников в каолин-серицитовом цементе с иглами турмалина и с флюидальной текстурой. Брекчия пересечена многочисленными прожилками кварца. Алмазы встречены в «филлитах» по бортам брекчии и они имеют звездчатые углубления. Наибольший камень весил 5,4 карата.

Месторождение Паган находится в 4 км к западу от сел. Сан-Жуан-ду-Шапада на высоте 1300 м. Отмечается дайка протяженностью 75 м белых и пепельных «филлитов», залегающая согласно с кварцитами и песчаниками. Средняя мощность дайки 20 м, а в раздувах до 40 м. Кроме этой дайки в районе место-

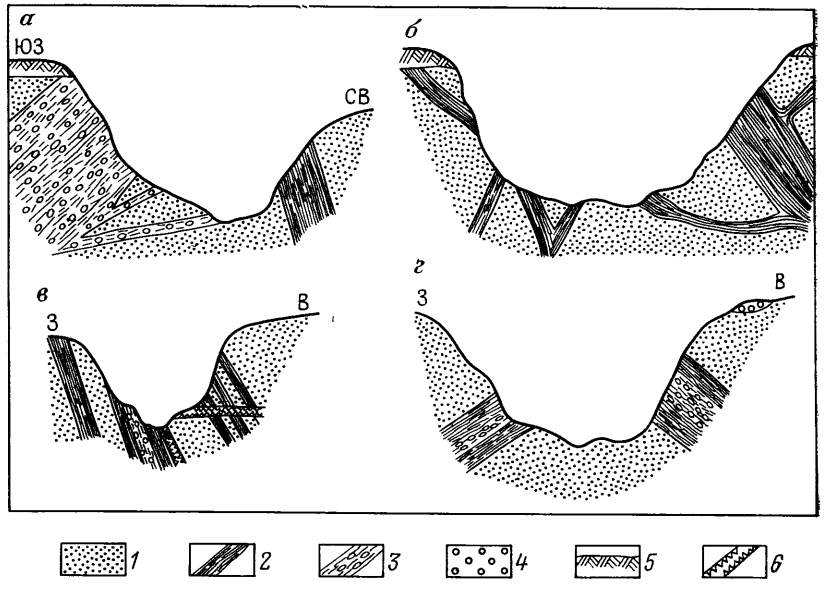

Рис. 63. Северная группа месторождений площади Диамантина:
а — Лавра-ду-Дурро, *б* — Лавра-ду-Барро, *в* — Лавра-ду-Паган, *г* — Кампо-ду-Сампайо.
1 — кварциты Итаколоми; *2* — серицитизированные «филлиты»; *3* — брекчии; *4* — конгломераты Сопа; *5* — почва и четвертичные пески; *6* — кварцевые жилы с друзовой структурой

рождения установлены маломощные дайки «филлитов» и делювиальные россыпи на выветрелых выходах «филлитов». Кроме алмазов встречались и карбонадо. Всего на месторождении было добыто 19 976 каратов алмазов. Наибольший камень весил 38 каратов.

Месторождение Коррейас расположено в 2 км к западу от сел. Сан-Жоан-ду-Шапада. Здесь имеется ряд алмазоносных даек белого, розового и серого «филлита», залегающих среди кварцитов Итаколоми.

Месторождение Лукинда находится в 1 км от сел. Сан-Жоан-ду-Шапада и образовано переслаиванием «филлитов» и кварцитов. На месторождении добыто несколько алмазов.

Месторождение Марриньос расположено на притоке р. Каете-Мирим и сложено алмазоносной брекчией, залегающей среди кварцитов.

Месторождение Коррего-Нова находится в 15 км к северу от сел. Сан-Жоан-ду-Шапада в верховьях р. Парду. На нем среди кварцитов свиты Итаколоми проходит жила «филлитов» мощностью 10 м, падающая на восток под углом 50°. Порода жилы сильно серицитизирована и рассланцована и содержит включения гематита.

Центральная группа месторождений площади Диамантина находится в верховьях рек Пиньейро, Кальдейрос, Брауна и других на плато высотой 1320—1350 м. Кроме алмазоносных «филлитов» разрабатываются и алмазоносные конгломераты свиты Лаврас. К этой группе принадлежат месторождения Кампо-ду-Дамазио, Сопа, Гуинда, Перпетуа и др.

Месторождение Кампо-ду-Дамазио расположено на плато высотой 1300 м к северо-западу от пос. Сопа. Оно сложено алмазоносными конгломератами, залегающими несогласно на кварцитах Итаколоми, и «филлитами» с чечевицеобразной структурой, с гематитовыми и фосфоритовыми желваками. В концентратах от промывки «филлитов» были встречены монацит, ксенотим, циркон и другие минералы. Конгломераты Сопа сложены галькой песчаников и кварцитов Итаколоми, «филлитов», жильного кварца и черной породы.

Месторождение Сопа расположено в районе одноименного поселка. Оно представлено полосой конгломератов Сопа, прослеженной в юго-западном направлении на 1,5 км и залегающей на размытой поверхности песчаников и кварцитов свиты Итаколоми. Конгломераты расположены среди «филлитов» в форме линз и перекрыты делювиальными отложениями.

Месторождение Перпетуа находится в 7 км к северо-западу от г. Диамантина на высоте 1200 м и представлено дайкой «филлитов» пепельного цвета, залегающей согласно с вмещающими песчаниками и кварцитами свиты Итаколоми. Мощность дайки 7,5—10 м, простирание меридиональное с падением на восток под углом 85°.

Кроме этой дайки на месторождении установлены пластовые и секущие жилы «филлита» меньшей мощности. «Филлиты» содержат турмалин и большое количество гематитовых и марганцевых включений. За год на руднике Перпетуа добывается около 160 каратов алмазов.

Месторождение Гуинда расположено вблизи одноименного поселка. Разрабатываются алмазные конгломераты формации Сопа, лежащие на «филлитах» с гематитовыми включениями, и аллювиальные россыпи, образовавшиеся в результате их размыва.

На месторождении Вельо имеются выработки длиной 400 м, шириной 20—30 м и глубиной 10 м, разрабатывающие алмазоносный конгломерат с галькой кварца, кварцита, «филлитов» и др., залегающего в глубоких понижениях подстилающих его пород свиты Итаколоми.

Месторождение Альту-дас-Кристаес находится в 3 км к северо-западу от г. Диамантина на плато высотой 1300 м и представлено белыми и пепельными серицитизированными «филлитами» северо-восточного простирания с углом падения 50°. Белые филлиты располагаются по зальбандам, а пепельные в центральных частях даек.

Южная группа месторождений площади Диамантина расположена в верховьях рек Бом-Суксессо, Кофундао, Рибейрон-ду-Инферно и других левых притоков р. Жекитиньоньи и к северу от пос. Мильо-Верде на левом берегу этой реки. В ее пределах известны как коренные месторождения в «филлитах» (Серринья-Ново, Лажис и др.), так и алмазоносные конгломераты формаций Сопа и Макаубас (Боа-Виста, Серринья, Лажис и др.) и возникшие в результате их разрушения делювиальные и аллювиальные россыпи древней и современной речной сети.

Месторождение Боа-Виста находится в 12 км к северо-востоку от пос. Экстрасан и представлено алмазоносными конгломератами формации Сопа. Конгломераты сложены крупной, хорошо окатанной галькой кварцита и песчаника свиты Итаколоми, жильного кварца и «филлитов» со следами ледниковой обработки. Общая мощность конгломератов около 20 м. Конгломераты сильно метаморфизованы и рассланцованы; цемент кварц-серицитовый. В конгломератах имеются многочисленные жилы кварца и дайка сильно метаморфизованного базальта. Распределение алмазов в конгломерате в вертикальном направлении более или менее равномерное. Содержание алмазов в конгломерате 0,105 карата/м^3. Ежегодная добыча алмазов несколько сот карат.

Месторождение Кампо-Алегре расположено в 3 км к северу от Мильо-Верде и представлено собранными в складки конгломератами Сопа, покрытых филлитами и конгломеративными филлитами формации Макаубас и кварцитами Итаколоми, разбитыми сбросом.

Месторождение Серринья-Нова находится в 24 км к западу от р. Пардо, на высоте 3000 м. На этом месторождении имеется свита даек алмазоносного «филлита» среди кварцитов Итаколоми, вблизи их контакта с амфиболовыми диабазами. Простирание даек «филлитов» северо-восточное с падением на юго-восток под углами 40—50°.

Месторождение Лажис расположено в 5 км к западу от пос. Мильо-Верде, на ручье Лажис, где известны выходы алмазоносного конгломерата Сопа с серицитовым цементом.

Кроме того, в районе пос. Даттас имеются месторождения Барро-Прето, Жозе-Пруденте, Терра-Альта, Суррен, Пасека и другие, сложенные конгломератами формации Сопа, иногда ожелезненными.

На месторождении Тропинья известна дайка серицитизированного «филлита», а на месторождении Суррен — дайка алмазоносной каолинизированной породы. Речка Даттас и ее притоки алмазоносны.

Каждая из описанных групп площади Диамантины характеризуется своими собственными алмазами: так, в северной группе преобладают голубоватые и зеленоватые камни с шероховатой поверхностью, в южной — голубовато-белые и изредка буроватые и желтые, преимущественно октаэдры, в центральной группе преобладают октаэдры и триоктаэдры.

Алмазоносная площадь бассейна р. Жекитиньоньи. В верхнем течении река протекает в каньонообразных ущельях, в пределах которых в русле реки встречены богатые концентрации алмазов. Каньоны расположены среди кварцитов свиты Итаколоми, где на дне реки встречаются разнообразные углубления глубиной до 30 м, возникшие на месте более мягких прослойков в кварцитах. Углубления выполнены галечниками с глыбами местных пород. Алмазы приурочены преимущественно к нижним горизонтам отложений, заполняющих эти углубления.

Известны алмазоносные каньоны Контейро, Санта-Антониу, Асабо-Мунда и др. Ниже каньонов р. Жекитиньонья расширяется, кроме русловых россыпей на этом участке встречаются террасовые. Так, на левом берегу реки в 12 км от Менданьи разрабатывалась террасовая россыпь Мария Нунес длиной 3 км и шириной 1 км при мощности галечников 1,4 м. На левом берегу Жекитиньоньи в районе Канан-ду-Куррал эксплуатировалась элювиально-делювиальная россыпь на выходах алмазоносных конгломератов Сопа, прорезанных жилами кварца. Мощность россыпи 0,5—0,6 м.

По р. Макаубас — левом притоке р. Жекитиньоньи, берущем начало в горах Итакамбира-ду-Тамандуа, обнаружен ряд крупных русловых и террасовых россыпей (Агва-Боа и др.), в которых вместе с алмазами присутствуют карбонадо и золото. Большинство западных притоков р. Жекитиньоньи алмазоносны.

Источником алмазов россыпей бассейна р. Жекитиньоньи, с одной стороны, являются алмазоносные конгломераты свиты Лаврас, а с другой — алмазоносные «филлиты», выходы которых установлены в 7 км к северу от пос. Итакамбира в местности Агуа-Парада.

Алмазоносная площадь Гран-Могол расположена на левом берегу р. Жекитиньоньи, в 350 км к северо-востоку от г. Диамантина. Размеры ее 18×(6—12) км. Разрабатываются алмазоносные конгломераты свиты Лаврас и аллювиальные россыпи древней и современной речной сети.

Россыпи древней речной сети сильно размыты, алмазоносные галечники сохранились лишь в западинах плотика. Россыпи современной речной сети представлены русловыми и террасовыми отложениями с мощностью алмазоносных галечников около 0,9 м. Алмаз величиной 0,04—0,05 карата приурочены к приплотиковым горизонтам.

Конгломераты формации Сопа распространены к северо-западу и северо-востоку от хр. Гран-Могол и имеют мощность 5—15 м. Галька их преимущественно кварцевая, цемент серицит-гематитовый с пиритом, хлоритом и др. Местами конгломераты были очень богаты алмазами.

Алмазоносная площадь р. Парауна. Река Парауна и большинство ее притоков алмазоносные. Она прорезает плато, сложенное гнейсами и гранитами, образуя в них глубокие ущелья, в пределах которых имеется ряд глубоких (до 50 м) воронок (Паузо-Альто, Парауна и др.) длиной до 700 м и шириной 7—10 м. Источником алмазов этих воронок служат алмазоносные конгломераты формации Сопа.

Алмазоносная площадь бассейна р. Сан-Франсиску. Алмазоносны преимущественно ее левые притоки — реки Абаете, Санта-Антониу, Индайя и др. Наиболее богатые россыпи встречены по р. Абаете, берущей начало на северном склоне хр. Сьерра-Матту-ду-Корда. Разрабатываются россыпи древней и современной речной сети. Преобладают русловые и террасовые россыпи современной речной сети. Вместе с алмазами встречаются карбонадо. Другим центром добычи алмазов является бассейн р. Санта-Антониу. Наиболее крупные россыпи встречены у сел. Парадана.

Кроме того, алмазные россыпи известны по рекам Жанейро, Бой, Индайя, Баррачудос, Прата и др. У г. Тирус разрабатывались серые алмазоносные конгломераты, лежащие на поверхности триасовых песчаников. Возраст их предположительно меловой. Алмазы бассейна р. Сан-Франсиску более мелкие, чем алмазы площади Диамантина, но хорошего качества.

Алмазоносная площадь Триангуло-Минейро расположена в западной части штата Минас-Жерайс, на плато высотой около 1000 м. Это плато рассечено глубокими долинами рек Паранаиба и ее притоков и сложено песчаниками системы Гондвана, местами перекрытых мелафировыми лавами, которые пересечены дайками щелочно-основных пород мелового возраста. Алмазоносны реки Паранаиба, Доурадос с притоками — речками Доуродино, Богагем, Педрас, Вельяс, Квебро-Ансоль и Убераба. Наиболее богатые россыпи встречены по р. Богагем — притоку р. Паранаиба. Эта река алмазоносна от устья до Агуа-Суга. Разрабатываются русловые и террасовые россыпи на высотах до 30 м над урезом воды в реке. Алмазоносные галечники местами сцементированы окислами железа.

Особый интерес представляет месторождение Агуа-Суга в верхнем течении р. Богагем. Оно занимает площадь 9 км^2 и по строению резко отличается от других алмазных месторождений Бразилии. Оно имеет следующий разрез (сверху вниз):

1. «Горгульо» — красная глина, богатая титаномагнетитом, слабо алмазоносная . . . . . 1 м
2. «Секондина» — каолинизированные полевые шпаты и другие минералы кристаллических сланцев и гранитов, измененные до состояния глин. Контакт с вышележащим слоем резкий. Алмазоносна . . . . . 3 „
3. «Тауа» — конгломерат с угловатой и окатанной галькой пироксенита и авгитового порфирита, с обломками гранита, кварца, кристаллических сланцев и песчаников с редкими обломками эклогита, красной и желтой яшмы в темно-окрашенной глине. Алмазоносен . . . . . 12 „
4. Плотик — песчаники триасового возраста, а местами слюдяные сланцы и амфиболиты . . . . . свыше 12 „

Концентраты от промывки конгломератов «тауа» содержат турмалин, рубин, топаз, магнетит, перовскит, анатаз и реже рутил.

В Агуа-Суга добываются алмазы кубической формы. Район р. Богагем является родиной многих крупных алмазов Бразилии — Южной Звезды (254,5 карата), Дрездена (117,5 карата), Звезды Минаса (175 каратов) и др. Кроме того, алмазы известны в районе городов Коромандел и Потоси, расположенных на южном склоне хр. Сьерра-Матту-ду-Корда.

Паранский платформенный прогиб расположен на территории штатов Сан-Паулу и Парана.

В штате Сан-Паулу известны две алмазоносные площади, расположенные к югу от площади Богагем: первая находится в бассейнах рек Паранапанема, Парана, Каное и Верде, а вторая — около г. Франка в округе Сапукау-Мирим. Более подробные данные отсутствуют.

В штате Парана алмазные месторождения известны в верхнем течении рек Тибажи, Санзас, Прето, Пайра и других правых притоков Итараре и по р. Игуасу.

Наиболее древние породы штата Парана представлены архейскими гранито-гнейсами, слюдяными, амфиболовыми, тальковыми и хлоритовыми сланцами, обнажающимися в восточной части штата. Следующая по возрасту свита Ассангуи (ордовик) сложена слабометаморфизованными глинистыми сланцами, известняками и отчасти кварцитами, которые сохранились отдельными пятнами на поверхности архейских пород. Эти породы прорваны красными полевошпатовыми порфирами, выходы которых установлены в верхнем течении р. Тибажи. Девонские породы образуют три свиты: свиту песчаников Фурнас (150 м), свиту пепельных пиритизированных сланцев (80 м) и свиту крупнозернистых слюдистых песчаников Тибажи (20 м).

Пермь также сложена тремя свитами: свитой Итараре — тиллиты с валунами и галькой архейских, ордовикских и девонских пород (500 м), свитой Тубаран — песчаники и сланцы с угольными пластами (160 м) и свитой Пасса-Дойс — черные битуминозные сланцы, песчано-глинистые сланцы и черные, богатые карбонатами сланцы.

Триас представлен двумя свитами: свитой Рио-Расто — песчаники и пестроцветные сланцы и свитой Санта-Бента — песчаники с пластовыми залежами амигдалоидных диабазов. Третичная система (плиоцен) сложена свитой Куритиба — красными глинами озерного происхождения. Четвертичные отложения рас-

пространены по побережью океана и по речным долинам и представлены отложениями типа «каскальо» и аллювием.

В геоморфологическом отношении в Паранском платформенном прогибе выделяются: плато Парана в его западной части, внутренняя низменность, окаймляющая с востока плато Парана, холмистое нагорье с остаточными горами к востоку от внутренней низменности, отделенное от прибрежной низменности рядом ступенчатых сбросов, и береговая низменность вдоль побережья океана.

Главная алмазоносная площадь штата Парана расположена по р. Тибажи и ряду ее притоков, преимущественно в пределах внутренней низменности и плато Парана. Алмазоносен участок р. Тибажи протяженностью около 120 км, в 80 км к северу от г. Тибажи, до устья р. Питангуи. На этом участке все главные притоки р. Тибажи — реки Капивари, Санта-Роза, Исибайя, Барра-Гранде, Моррандиде, Куэдра, Мегре, Жапо, Форталеза и другие алмазоносны. Разрабатываются русловые и террасовые россыпи крупных рек и ложковые россыпи мелких рек и логов. Пермские конгломераты также содержат алмазы.

Вдоль р. Тибажи разрабатываются 60 участков, отстоящих друг от друга от 100 м до нескольких километров. В русле реки алмазоносные галечники встречаются пятнами, приуроченными к исполинским котлам и другим углублениям в дне реки. Известны котлы глубиной до 17—30 м (Ильяс-дас-Ковальсо, Посо-до-Вику, Посо-до-Тигре и др.). Россыпи р. Тибажи и ее притоков возникли в результате разрушения пермских конгломератов предположительно ледникового происхождения. Эти конгломераты залегают отдельными пластами мощностью 0,5—0,8 м среди мелкозернистых песчаников свиты Итараре. Общая мощность конгломератов 6 м. Сложены они валунами размером до 20 см в диаметре и галькой кристаллических сланцев, гранитов, гранулитов, слюдяных сланцев, кварцитов, порфиров, жильного кварца и метаморфических пород в кремнистом цементе коричневого цвета. Сверху конгломераты покрыты латеритами, образовавшимися за счет выветривания базальтов, покрывающих конгломераты.

На площади р. Тибажи 25% всей добычи составляют технические камни. Ювелирные алмазы мелкие, обычно белого цвета, хорошей формы и качества. Наиболее крупные камни весили 27,3 и 35 каратов.

Восточно-Бразильский щит вытянут в меридиональном направлении вдоль побережья Атлантического океана от штата Байя на севере до г. Монтевидео на юге. В его пределах расположены третья и четвертая орографические области бассейна р. Парагуасу.

Третья область протягивается от дер. Бебедору до г. Марагогите, ширина ее около 300 км. Область представляет собой выравненную поверхность высотой 200—300 м с отдельными холмами высотой 40—50 м. Эта область почти целиком сложена гнейсами, прорванными гранитами. В ее пределах отмечены лишь единичные находки алмазов.

Четвертая область, известная под названием Роконсаво Байя, протягивается от г. Марагогите до устья р. Парагуасу. Ширина области всего несколько километров. Сложена она меловыми и третичными песчаниками. Алмазы отсутствуют.

К югу расположена другая алмазоносная площадь штата Байя — площадь р. Солобро — притока р. Парду. Она находится в районе Канавейрас, в 60 км от берега океана, в пределах холмистой области высотой около 100 м над уровнем океана. Область сильно залесена и сложена древними гнейсовидными породами, прорванными дайками гранита. Местами на гнейсах сохранились пятна древних песчаников с пластами конгломератов, которые иногда перекрыты песчаниками мелового и третичного возраста. Алмазные россыпи по р. Солобро встречаются только ниже выходов указанных древних конгломератов, содержащих хорошо окатанную гальку гранита и гнейса. Россыпи кроме алмазов содержат и карбонадо.

В пределах Восточно-Бразильского щита в штатах Сан-Паулу и отчасти Парана в береговой низменности и в области ступенчатых сбросов имеются небольшие алмазные россыпи (реки Рибейра, Капивари и др.).

На побережье Атлантического океана отсутствие алмазных россыпей объясняется, по-видимому, расположением коренных алмазоносных пород в глубине континента — содержавшиеся в них алмазы застряли на пути, не достигнув океана. В общем в пределах Бразилии развиты преимущественно россыпные месторождения. Коренные месторождения изучены весьма слабо.

В штате Минас-Жерайс в месторождении Агуа-Суга на р. Богагем были встречены обломки эклогита и минералы, типичные для кимберлитов — перовскит, ильменит, пироп и др., что позволяет предположить существование в этом районе кимберлитов.

В 1906 г. в районе Убереба в западной части штата Минас-Жерайс была обнаружена туфоподобная порода, богатая перовскитом, залегающая в форме пластовой залежи, покрытая песчаниками и конгломератами. Под микроскопом эта порода оказалась туфом, состоящим из серпентина и хлоритизированной основной массы с магнетитом, перовскитом, пироксеном, красным гранатом, хромитом, апатитом и сильно измененным оливином.

Е. Риман указывает на существование в горах Сьерра-Маттаду-Корда, также в западной части штата Минас-Жерайс, покровов пикритового порфирита, богатого перовскитом и прорванного трубками базальтового кимберлита предположительно мелового возраста. В 1923 г. Мааком в пикритовом порфирите в

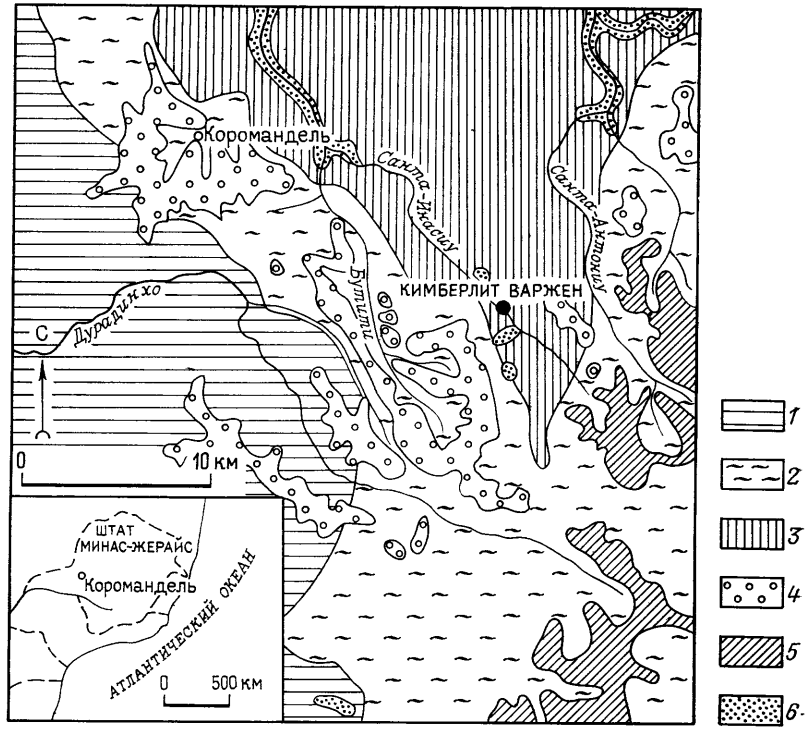

Рис. 64. Геологическая карта района Короманделя в штате Минас-Жерайс [Svisero D. P. e. a., 1977].

1 — группа Араша (докембрий) — сланцы; *2* — группа Канастра (докембрий) — кварциты и филлиты; *3* — группа Бамбуи — сланцы и известняки; *4* — формация Убераба — песчаники и конгломераты; *5* — третичные латериты; *6* — четвертичные отложения

районе Короманделя был найден алмаз с красными включениями, аналогичный алмазам из россыпей р. Дурадинхо.

Д. П. Свисеро [Svisero D. P., Meyer H. O. A., 1977] была описана кимберлитовая трубка Варжен, также расположенная в этом же штате, в 22 км к юго-востоку от Короманделя (рис. 64). Район в основном сложен докембрийскими породами — сланцами группы Араша, кварцитами и филлитами группы Канастра и сланцами и глинистыми известняками группы Бамбуи. Местами эти породы перекрыты верхнемеловыми песчаниками формации Убераба с алмазоносными полимиктовыми конгломератами в основании. Кроме того, в районе распространены латериты третичного возраста и четвертичные аллювиальные отложения.

Кимберлитовая трубка Варжен прорывает осадочные породы группы Бамбуи вблизи их контакта с породами группы Канаст-

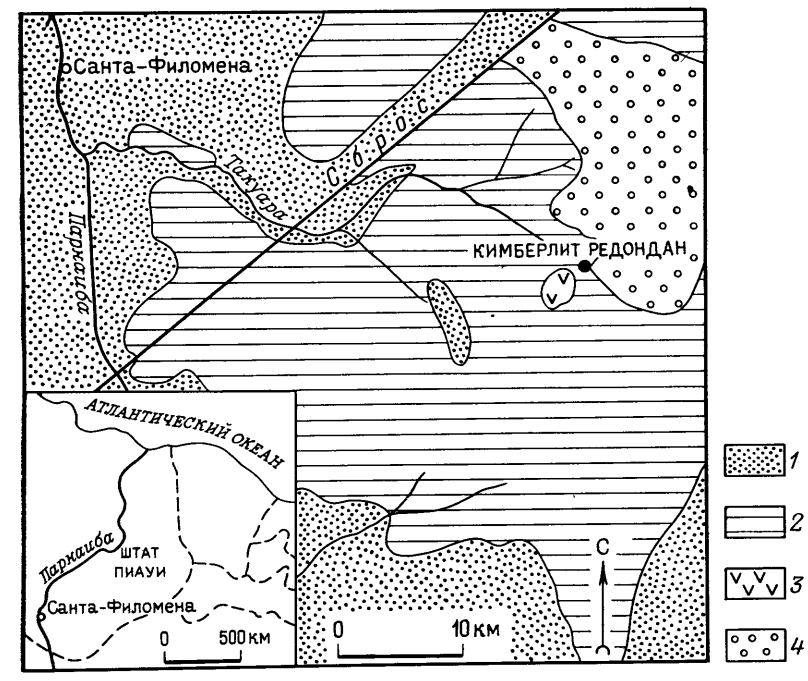

Рис. 65. Геологическая карта района Санта-Филомена в штате Пиауи [Svisero D. P. e. a., 1977].

1 — формация Пиауи — песчаники (карбон); *2* — формация Педро-ду-Фого — песчаники и сланцы (пермь); *3* — диабазы (юра); *4* — песчаники (мел?)

ра. Кимберлит сильно выветрелый и перекрыт латеритами. Он содержит вкрапленники серпентинизированного оливина, красного граната, зеленого диопсида и ильменита. В районе разрабатываются русловые и террасовые алмазоносные россыпи по рекам Санта-Инасиу и Санта-Антониу.

В юго-западной части штата Пиауи в 15 км к юго-востоку от Санта-Филомена обнаружена кимберлитовая трубка Редондан (рис. 65). Она расположена в почти округлой, лишенной растительности депрессии глубиной 70 м. Диаметр ее около 1 км. Трубка прорывает палеозойские отложения бассейна р. Парнауба. Район трубки сложен песчаниками формации Пиауи (карбон), песчаниками и сланцами формации Педро-ду-Фого (пермь), которые перекрыты несортированными песчаниками предположительно мелового возраста. На поверхности кимберлит сильно серпентинизирован. Наиболее обычные вкрапленники — гранаты от кроваво-красного до фиолетового цвета. Основная масса сильно глинистая, с большим количеством ксенолитов вмещающих пород и родственных включений, среди которых

встречен сильно серпентинизированный гранатовый лерцолит.

Кимберлитовые трубки Варжен и Редондан алмазоносные. Имеются сведения о находке кимберлитовых трубок в штате Гояс. Вероятно, коренным источником большинства алмазов Бразилии являются кимберлиты, по-видимому, нескольких возрастов. Наряду с кимберлитами в Бразилии в восточной части штата Минас-Жерайс на площади Диамантина встречена сильно измененная сланцевая алмазосодержащая изверженная порода, неизвестная в других мировых алмазоносных областях. Эта порода названа бразильскими геологами «алмазоносными филлитами». Внешне «филлиты» — сланцеватая порода белого, пепельного, розового и реже красного цвета, жирная на ощупь, пересеченная многочисленными кварцевыми жилами с друзовой структурой. Местами «филлиты» имеют полосчатое строение, слои, обогащенные гематитовыми, марганцевыми и реже фосфоритовыми желваками, чередуются с полосами, лишенными этих желваков.

«Филлиты» встречаются в форме пластовых и секущих жил и даек, нередко дающих многочисленные апофизы во вмещающие их кварциты и песчаники свиты Итаколоми. Мощность их изменяется в широких пределах; мощность пластовых жил достигает 40 м, а секущих 7—8 м. Некоторые дайки прослеживаются по простиранию на несколько сот метров. В глубину дайки прослежены на 100 м, причем на этом протяжении существенных изменений формы и состава не наблюдалось. Местами дайки брекчированы. Брекчии сложены исключительно обломками вмещающих пород свиты Итаколоми. Местами обломки инкрустированы кристаллами вторичного кварца.

Кварцевые жилы, секущие дайки «филлитов», располагаются перпендикулярно зальбандам или параллельно им. Кварцевые жилы секут и обломочный материал. Жилы и дайки «филлита» участвуют в складчатости и нередко смещены по сбросам. Основная масса «филлитов» почти целиком состоит из серицита с небольшим количеством турмалина. При выветривании «филлитов» происходит их каолинизация на глубину 15—20 м (табл. 43).

В концентратах присутствуют в небольшом количестве кианит, монацит, рутил, ксенотим, циркон, пирит, турмалин, гематит и марганцевые минералы.

Об изверженном происхождении алмазоносных «филлитов» свидетельствуют следующие данные: условия их залегания в форме пластовых и секущих тел, дающих многочисленные апофизы во вмещающие породы; флюидальная текстура основной массы некоторых даек и характер расположения обломков в брекчиях, присутствие в основной массе таких первичных минералов, как алмаз, ксенотим, циркон, монацит и др.

Алмазоносность «филлитов» не вызывает сомнений, поскольку из «филлитов» Пагао добыто свыше 19 976 каратов алмазов,

Таблица 43

Химический состав «филлитов» (в вес. %)

Компоненты	Центральный „филлит" с гематитовыми включениями, Перпетуа	Белый „филлит", Пагао	Зеленовато-серый „филлит", хлоритизированный, Дамазио	Среднее из четырех анализов „филлита", Сан-Жоан-ду-Шапада
SiO_2	15,22	48,06	44,05	45,39
TiO_2	1,20	0,75	0,05	1,51
Al_2O_3	15,60	29,43	39,18	27,60
Cr_2O_3	0,03	—	—	—
FeO	—	0,09	0,17	0,80
MnO	12,44	—	Следы	0,17
MgO	—	3,02	0,61	3,03
BaO	—	—	0,13	0,36
CaO	0,90	0,31	0,03	0,45
Na_2O	0,50	1,10	2,15	3,22
K_2O	0,54	10,87	Следы	7,15
P_2O_5	0,01	0,02	—	0,21
B_2O_3	0,13	—	—	—
H_2O^+	1,32	4,54	11,28	5,75
H_2O^-	1,86	0,07	0,37	0,18
SO_3	Следы	—	—	—
Cl	0,38	—	0,17	—
Сумма	98,81	100,68	99,88	100,66

из Перпетуа ежегодно добывается свыше 160 каратов и т. д. Мнения о первичном характере алмазоносных «филлитов» расходятся. Одни исследователи, основываясь на присутствии в «филлитах» таких минералов, как ксенотим, рутил, циркон и других минералов, свойственных кислым магмам, рассматривают «филлиты» как измененные гранулиты. Другие, исходя из химического состава «филлитов», считают их производными габбровой или диабазовой магмы. С большей степенью вероятности можно рассматривать алмазоносные «филлиты» как кимберлиты наиболее глубинных областей их распространения, в пределах которых вследствие ассимиляции боковых пород, контактовых изменений под влиянием многочисленных более молодых изверженных пород — пегматитов, диабазов и т. п. сильно изменило первичный состав породы и привело к почти полному исчезновению первичных признаков кимберлитов.

В штате Парана в бассейне р. Тибажи встречено две разновидности пикритов: одна богатая слюдой, а другая бедная ею (базальная и слюдяная разности кимберлитов?).

Из вторичных источников алмазов в Бразилии известны:

Ископаемые россыпи ледникового происхождения в свите Лаврас (верхний рифей — венд) в формациях Сопа и Махаубас.

Эти конгломераты широко распространены в штате Минас-Жерайс.

Ископаемые россыпи пермского возраста в свите Итараре ледникового происхождения в штате Парана.

Меловые конгломераты неясного происхождения с цементом из красной глины в штате Минас-Жерайс в бассейне р. Богагем.

Алмазоносные конгломераты верхнетретичного или плейстоценового возраста в районе Диамантины.

Аллювиальные россыпи древней речной сети, за редкими исключениями не совпадающей по направлению с современной. Отложения ее сильно размыты и сохранились обычно в форме отдельных изолированных пятен, далеко отстоящих от водных артерий.

Элювиальные и делювиальные россыпи, возникшие на выходах более древних алмазоносных пород. Эти россыпи широко распространены, но имеют весьма небольшую промышленную ценность вследствие незначительного масштаба и низкого содержания.

Террасовые и русловые россыпи современной речной сети являются основным источником алмазов, добываемых в Бразилии. Ложковые россыпи в настоящее время почти полностью выработаны, они были распространены преимущественно в верхнем течении рек.

Добываемые в Бразилии алмазы сравнительно мелкие. Камни в 7—10 каратов встречаются редко. Тем не менее Бразилия является родиной ряда крупных алмазов ювелирного качества: Президент Варгас (726,6 карата), Дарсу Варгас (460 каратов), Южная Звезда (254,5 карата), Виктория (328,5 карата) и др. Большинство крупных камней было найдено на плоскогорье Триангуло-Минейро в штате Минас-Жерайс (Богагем, Коромандель и др.).

В общем 90% добываемых в Бразилии алмазов годно к отранке. Качество добываемых алмазов неодинаковое, наиболее высокого качества алмазы добываются в западной части штата Минас-Жерайс, а худшие — в Синкора в штате Байя. Преобладающей кристаллографической формой являются кривогранный ромбододекаэдр (бразильский тип), затем куб и гексаоктаэдр. Октаэдры встречаются весьма редко, за исключением площади Солобро в штате Байя. Кристаллы часто вытянуты по одной оси и сплющены по другой. Двойники встречаются редко.

Большинство добываемых в Бразилии камней бесцветные (около 40%), далее следуют матово-белые, голубоватые и зеленоватые алмазы. Изредка встречаются желтые, розовые, красные и коричневые и очень редко синие и черные.

Каждое месторождение имеет отличные от другого камни. Так, в северной группе месторождений площади Диамантины в штате Минас-Жерайс преобладают зеленоватые и голубоватые камни, в южной группе голубовато-белые и изредка желтые и буроватые. На площади Гран-Могол добывают водяно-прозрачные, реже желтоватые, коричневатые и зеленоватые алмазы; в Короманделе обычны голубоватые камни, и т. д.

Наряду с алмазами в Бразилии добывается некоторое количество карбонадо, преимущественно в штатах Байя, Минас-Жерайс и отчасти в штатах Парана, Мату-Гросу, Гояс и др.

Карбонадо обычно встречается в форме желваков и кусков неправильной формы размером от крупинок до гигантов (до 3167 каратов). Средняя величина добываемых карбонадо больше средней величины добываемых алмазов. Цвет карбонадо с поверхности темно-серый или черный, а внутри он светлее и имеет красноватый оттенок, реже фиолетовый. Карбонадо представляет собой пористый агрегат беспорядочно ориентированных кристаллитов алмаза с промежутками, выполненными флоренситом и другими минералами. Коренной источник карбонадо не ясен, возможно им являются алмазоносные «филлиты».

Ежегодно в Бразилии добывается 250—300 тыс. каратов алмазов и карбонадо. По отдельным штатам добыча алмазов распределяется следующим образом: штат Мату-Гросу 40—50%, Минас-Жерайс 20—25%, Байя 15—20%. Остальное количество добывается в федеративных территориях Боа-Виста и Риу Бранку, штатах Гояс, Пиауи, Парана и Сан-Паулу.

Боливия. Алмазы были найдены на северо-восточном склоне Анд в районе Кауполикен в бассейне верхнего течения р. Туичи и ее притоков Текведже и Ундумо. Алмазы были обнаружены также в аллювии р. Туичи, там, где она размывает пермские ледниковые песчаники и сланцы. Эти алмазы найдены в 500 км к востоку от известных коренных источников. По данным местных жителей алмазы встречаются и в других районах части Боливийских Анд [Oppenheim V., 1947].

Чили. Крупное месторождение алмазов обнаружено в 1000 км к югу от г. Сантьяго в провинции Чилоэ. Несколько алмазов было найдено вблизи Футалкуфу [Large diamond deposits.. , 1970].

Перу. Месторождение алмазов недавно было открыто на юге центральной части Перу [Peruvian..., 1966].

Глава V

АЛМАЗОНОСНОСТЬ ИНДИЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Индийская платформа расположена на юге Азиатского континента в пределах Индостанского полуострова и ограничена на севере складчатой системой Гималаев.

В фундаменте платформы выделяется несколько докембрийских складчатых систем: Дарварская, Восточно-Гатская, Бандельканда, Сатпурская и Дели. Дарварская система развита на юге Индии и сложена амфиболитами, амфиболовыми и биотитовыми гнейсами, филлитами, хлоритовыми и слюдистыми сланцами, кварцитами, карбонатными и другими породами, собранными в узкие складки северо-западного простирания (2,5—2,3 млрд. лет). С юго-востока к Дарварской системе примыкает Восточно-Гатская (1,75—1,55 млрд. лет), состоящая из силлиманит-гранат-кварцитовых сланцев, гнейсов, кондалитов, чарнокитов, гранулитов и др. На севере эти системы граничат с Сатпурской системой, сложенной различными метаморфическими толщами, прорванными гранитами и пегматитами (0,98—0,90 млрд. лет).

Наиболее молодые докембрийские породы системы Дели выполняют крупные синклинальные структуры и сложены гнейсами, биотитовыми и хлоритовыми сланцами, известняками, кварцитами, конгломератами и др. (0,865—0,730 млрд. лет).

Банделькандская система занимает промежуточное положение между Восточно-Гатской и Дарварской системами.

На архейском складчатом фундаменте с угловым несогласием залегают Куддапахская и Виндийская серии протерозоя, заполняющие крупные впадины. Куддапахская серия залегает в Куддапахской впадине на юге полуострова и сложена глинистыми известняками, кварцитами, песчаниками и конгломератами. Отложения Виндийской серии выполняют Виндийскую и другие впадины на севере платформы.

Следующей по возрасту является Гондванская система песчаников и сланцев с пластами углей. На западе платформы широко распространены траппы Декана мелового возраста. На них местами сохранилась латеритовая кора выветривания.

На платформе широко развиты отложения древней и современной речной сети, а также известковые туфы, известные по долинам рек. Алмазные месторождения обнаружены в Индии, а отдельные находки алмазов — в Шри-Ланка [Кришнан М. С., 1954, 1963].

Индия. В Индии алмазные месторождения располагаются полосой в восточной части страны и протягиваются от р. Кен на

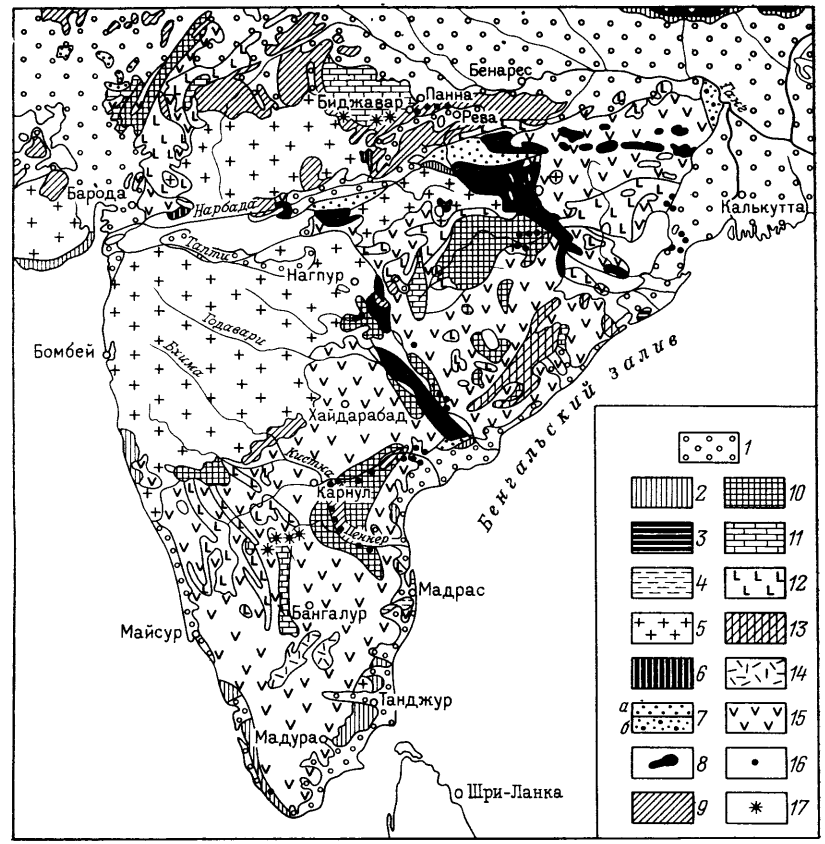

Рис. 66. Схематическая геологическая карта Индийской платформы и распространение на ней алмазных месторождений и кимберлитов. По *В. Д. Весту.*

1 — плейстоцен и современные отложения; *2* — прибрежные плейстоценовые и третичные; *3* — палеоцен и нижний миоцен; *4* — палеоцен и эоцен; *5* — траппы Декана; *6* — мел; *7* — Верхняя Гондвана: *а* — траппы, *б* — осадочные породы; *8* — Нижняя Гондвана; *9* — Виндийская серия; *10* — серии Куддапа и Дели; *11* — гранито-гнейсы; *12* — Дарварская серия; *13* — кондалиты; *14* — чарнокиты; *15* — кристаллические сланцы; *16* — находки алмазов; *17* — кимберлиты

севере до р. Пеннер на юге. В пределах этой полосы выделяются три главные алмазоносные площади (рис. 66) — северная, центральная и южная [Метелкина М. П., Суходольская О. В., 1976].

Северная площадь расположена в штате Мадхья Прадеш, между реками Сон и Сонар [Mathur S. M., 1962]. В орографическом отношении здесь можно выделить две части. Южная часть сложена Аравалли-Виндийским плоскогорьем, отделенным от северной части уступом высотой до 250 м, который расчленен

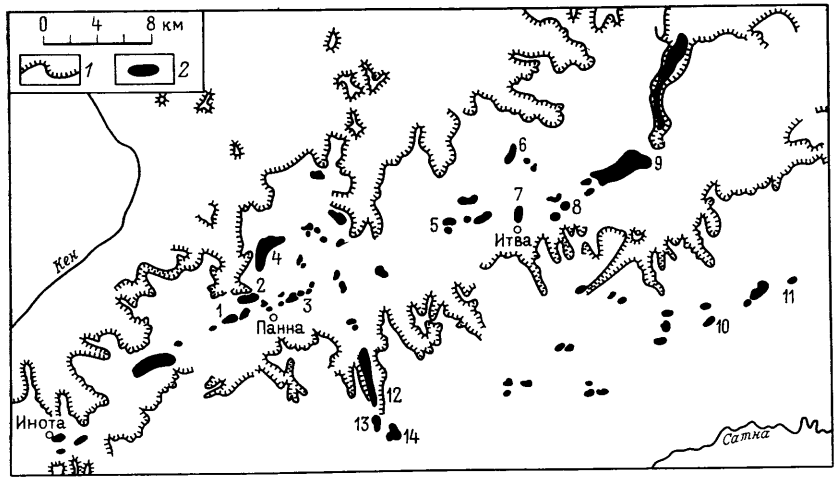

Рис 67. Схема расположения алмазных выработок на площади Панна, Северная Индия.

1 — обрыв; *2* — алмазные выработки: 1 — Старая Панна, 2 — Панна, 3 — Калианпур, 4 — Кодойя, 5 — Камерия, 6 — Бангала, 7 — Марайя, 8 — Баргари, 9 — Биржпур, 10 — Нибаста, 11 — Матаин, 12 — Махараджпур, 13 — Удесна, 14 — Сакерия

рядом узких и глубоких ущелий глубиной до 60 м и длиной в несколько километров. Плоскогорье сложено породами Виндийской серии, лежащими на древнем фундаменте. Северная часть площади более низкая и сложена гранитами Бунделькандa, которые в долине р. Ганга перекрыты аллювиальными отложениями.

Алмазные месторождения располагаются вдоль указанного выше обрыва. Выделяются две полосы юго-западного простирания длиной около 100 км и шириной 25 км. Одна полоса шириной 8—15 км идет от вершины плато Каймур, расположенного между Керала и ж.-д. ст. Маджгаван, а другая, более узкая, расположена между Секерией и Иханде на плато Рева (рис. 67).

В северной части площади известны кимберлитовые трубки, алмазоносные конгломераты свит Рева и Бхандер и аллювиальные россыпи р. Багхен и некоторых притоков Ганга, берущих начало с Аравалли-Виндийского плоскогорья. Наиболее изучена трубка Маджгаван, расположенная к юго-востоку от г. Панна. Она прорывает песчаники Каймур и перекрывается сланцами Ихири. Возраст ее по рубидий-стронциевому методу 1140± ±12 млн. лет. Форма грушевидная, размеры 288×480 м; с глубиной размеры трубки уменьшаются. Трубка выполнена брекчиевой породой с обломками кварцита, красной яшмы, жильного кварца, песчаника, роговиков, черной фарфоровидной породы и других сильноизмененных пород. Основная масса серпентиновая, с крупными и мелкими псевдоморфозами серпентина по оливину, с пятнами кальцита и пылевидным магнетитом. Порода пересечена мелкими прожилками кальцита, придающими ей слоистый характер. В трубке наблюдается три разновидности пород: темноокрашенная в западной части, туфовидная, желто-зеленая, без признаков брекчирования в центральной части и плотная желтая, без включений и признаков брекчирования в ее южной части.

В тяжелых концентратах встречены: ильменит, кианит, силлиманит, гранат, циркон, турмалин, клиноцоизит, эпидот, магнетит и пирит. Родственных ультраосновных включений нет.

Содержание алмазов в трубке весьма неравномерное, в среднем 0,12 карата/т. Средний размер ювелирных камней 0,78, а технических 0,57 карата. В 1945 г. были найдены камни в 32 и 38 каратов. Ежегодно добывается 22 500 каратов.

В 1964 г. в 2 км от сел. Хинота была обнаружена вторая трубка диаметром 182,5 м, залегающая среди ортокварцитов Каймур. Она выполнена мягкой порфировидной породой, напоминающей породу трубки Маджгаван. Возраст ее по калий-аргоновому методу 1170±16 млн. лет [Sharma K. C., Nandi S. C., 1964 г.]. В 1971 г. в трубке найдено 96 алмазов массой 51,06 карата (в среднем размер алмаза 0,53 карата), содержание 0,022 карата на 1 т.

В 1953 г. в 65 км западнее трубки Маджгаван в 1 км северо-восточнее сел. Ангора найдена трубка Ангора [Mathur S. M., 1957 г.; Puri S. N., 1972 г.] по размером 450×250 м, залегающая в гранитах Бандельканда. До глубины 11 м порода зеленовато-желтая, а глубже темно-зеленая и состоит из серпентинитового материала, пронизанного сетью кальцитовых прожилков. В 1971—1972 гг. в этой трубке было найдено пять алмазов массой 3,52 карата. Средний размер алмазов 0,7 карата. Содержание 0,011 карата на 1 т.

В последние годы на восточной границе штата Мадхья-Прадеш в долине р. Джунгей, к югу от р. Сон, было обнаружено пять кимберлитовых трубок, вытянутых в запад-юго-западном направлении. В западном направлении прослеживаются трубки Восточный Джунгей 1 и 2, трубка Джаркхария и трубки Джунгей 1 и 2, расположенные в пределах пород Бижаварской группы (докембрий) и формации Джунгей постбижаварского возраста (докембрий). Стратиграфический разрез района следующий (сверху вниз):

1. Почва — известковый туф.
2. Кимберлиты и дайки долерита.
3. Сланцы вулканического происхождения.
4. Слоистые туфы: а) стекловатые, б) темно-серые литоидные.
5. Ультраосновной комплекс Джунгей: а) агломераты, б) оливиновые базальты.

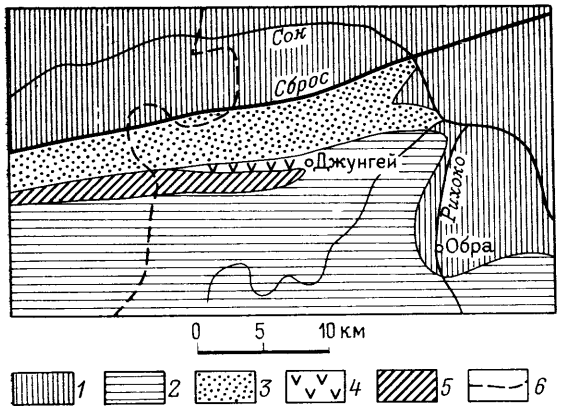

Рис. 68. Геологическая карта долины р. Джунгей в Северной Индии [Chattopadhyay P. B., Venkataraman K., 1977].

1 — Виндийская система; *2* — формация Парсон (Бижаварская система); *3* — формация Агоре (Бижаварская система); *4* — ультраосновной комплекс Джунгей; *5* — осадочная формация Джунгей; *6* — граница штатов

6. Осадочный комплекс Джунгей — кавернозные кварциты, зернистые кварциты, конгломерат-брекчии.

7. Формация Агоре (Бижавар): а) хлоритовые сланцы, известняки, яшмовидные кварциты, б) филлиты с прослойками пеплов и туфов. Основание не обнажено (рис. 68).

Форма и размеры трубок неизвестны. Кимберлит сильно серпентинизирован и карбонатизирован. Он состоит из серпентина (53%), кальцита (17%), темноцветных минералов (14%), серпентиновых псевдоморфоз по оливину (3%), хлорита и стекла (5%), актинолита и тремолита (1%). Порода порфировая, агломеративная, с большим количеством апатита и ильменита, клинопироксенов мало. Имеются прожилки кальцита и асбеста. Основная масса железистая, сложена измененным стеклом с некоторым количеством флогопита, талька, шпинели, пикотита и следами перовскита (табл. 44). Ксенолиты представлены породами, богатыми магнетитом, кристаллическими известняками и обломками базальтов. Имеются вкрапленность и прожилки пирита. Найдено два алмаза [Chattopadhyay P. B., Venkataraman K,. 1977].

Кроме кимберлитов в Северной площади разрабатываются конгломераты верхнего отдела Виндийской системы (табл. 45).

Наиболее древние породы площади — конгломераты, залегающие на песчаниках Каймур в основании сланцев Панна. Они образуют полосу длиной 50 км и шириной 5 км и занимают площадь 230 км². Конгломераты внутриформационные встречаются на различных горизонтах. На западе вблизи Ямунагала мощность их 0,3 м, а в Петвара вблизи Халлипура 0,9 м и они лежат на поверхности песчаников Каймур. Крупногалечные конгломераты встречены на площадях Сринагар, Пукри, Огра, Чуна, Шахидан и других, а более мелкогалечные — в Баргхари. Состав конгломератов более или менее постоянный, встречаются они отдельными пятнами. Конгломераты состоят из хорошо окатанной

Таблица 44

Химический состав кимберлитов Индии (в вес. %)

Компоненты	Северная Индия								Южная Индия			
	Маджгаван		Хинота	Джунгей				Джаркхария	Вост. Джунгей	Вайра-Карур		Латтаварам
				Трубки						Трубки		
	Поверхность	Подземные работы	Скв. 92 м	1	2			Трубка	Восточная трубка	1	2	3	4
Число анализов	12	7	7	4	5			3	4	2	4	4	5
SiO_2	35,83	36,09	36,32	37,35	37,87			41,42	39,55	37,32	33,72	32,25	39,04
TiO_2	4,89	5,10	7,48	1,11	1,61			2,38	2,36	1,68	2,45	1,62	1,25
Al_2O_3	3,27	3,81	4,38	5,06	4,91			8,02	6,41	6,35	6,53	3,80	4,32
Cr_2O_3		Нет данных		0,88	—			—	—		Нет данных		
Fe_2O_3	4,82	4,77	4,14	6,23	7,08			2,83	4,09	4,97	6,83	6,54	3,28
FeO	3,39	4,45	6,94	9,00	7,39			11,47	9,58	3,20	4,49	1,84	4,71
MnO	0,14	0,15	0,11	0,19	0,13			0,11	0,14	0,18	0,19	0,15	0,15
MgO	27,48	24,71	16,85	21,30	25,46			18,47	21,44	15,14	20,22	28,71	28,83
CaO	3,20	3,50	6,29	6,41	2,69			4,73	5,74	20,70	15,75	8,61	7,92
K_2O	0,63	1,14	1,35	0,17	0,07			0,42	0,06	0,11	2,04	0,71	1,10
Na_2O	0,06	0,20	0,13	0,47	0,43			0,50	0,25	0,17	0,43	0,07	0,34
P_2O_5	2,15	2,31	2,79	0,14	1,08			0,91	1,20	1,05	0,72	0,55	0,52
CO_2	0,16	0,72	3,01	2,32	—			—	—	2,89	0,21	3,40	1,30
H_2O^-, H_2O^+	13,98	13,05	10,01	2,22	2,15			0,76	1,43	6,24	6,42	11,74	7,09
Сумма	100,0	100,0	99,80	99,37	98,43			98,36	99,12	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 45

Стратиграфия верхнего отдела Виндийской системы [Crawford A. R., Compston V., 1976]

Свита	Литологический состав	Мощность, м
Бхандер	Сланцы, известняки, песчаники Бхандер Сланцы Сирбу Известняки и сланцы Ганургарх Алмазоносные конгломераты	450
Рева	Песчаники Верхняя Рева Сланцы Ихири Алмазоносные конгломераты Песчаники и известняки Нижняя Рева Сланцы Панна Алмазоносные конгломераты	100—300
Каймур	Песчаник Верхний Каймур Сланцы Баджагарх Конгломераты Песчаники Нижний Каймур Сланцы Каймур Конгломераты	150—320
Семри	Сланцы, известняки и глауконитовые песчаники Известняки Каджрахат Кремнистые сланцы Базальные конгломераты (тиллиты)	300—900
	Несогласие	

гальки зеленого стекловатого кварца, красной биджаварской яшмы, гранитов Бунделькандa, различных сланцев и роговиков в кремнистом и железо-кремнистом цементе. Размер гальки до 8—10 см, изредка встречаются и более крупные валуны. В ряде мест конгломераты обнажаются на поверхности, а иногда залегает на глубине до 20 м. Содержание алмазов в них достигает 0,8—0,9 карата/м^3.

Более молодой алмазоносный конгломерат располагается в основании сланцев Ихири. Его выходы известны в Панне, где он разрабатывается открытыми работами; мощность его 0,3 м. Эти конгломераты местами полностью выклиниваются; сложены

они хорошо окатанной галькой яшмы, кварцита, жильного кварца, песчаника и др. Размер гальки до 2,5 см, редко 10—12 см.

Эти конгломераты значительно беднее нижних и алмазы распределены в них более неравномерно и поэтому они эксплуатируются менее интенсивно, чем нижние. Они образуются, по-видимому, за счет размыва более древних конгломератов.

Алмазоносные конгломераты свиты Бхандер располагаются на песчаниках Верхняя Рева. Они выдержаны по простиранию, мощность их 1 м. Сложены в основном галькой кварца, реже кварцита и пород нижнего отдела Виндийской системы. Эти конгломераты беднее двух предыдущих и разрабатываются в Секерии, Дургапуре и других местах.

В пределах Северной площади довольно широко распространены аллювиальные россыпи древней и современной речной сети. Алмазоносны притоки р. Ганга — реки Багхен, Рэндж и др. Вероятно, аллювий р. Ганга также алмазоносный. Найдены террасовые, русловые и ложковые россыпи. Район распространения россыпей характеризуется ступенчатым строением. Установлены три ступени с извилистыми очертаниями, вытянутые в субширотном направлении. Нижняя ступень сложена архейскими гранитами и по ним течет р. Кен. Средняя образована каймурскими песчаниками, а верхняя — песчаниками Рева и останцами траппов. Источником алмазов россыпей служат древние конгломераты в районах Акла, Баргари и Биджпура. В этих районах в зависимости от мощности «торфов» различают два типа русловых россыпей — россыпи с небольшими (3—4 м) наносами, расположенные преимущественно на средней ступени и дающие 25% добычи штата Панна (Чанда, Пукри и др.), и россыпи под мощными (6—18 м) наносами на границе средней и верхней ступени вдоль тектонического нарушения (р. Багхен, участок Итва — Кудакпур и около Хирапура). Содержание алмазов в галечниках 0,23 карата/м^3. Соотношение «песков» к «торфам» 1 : 18.

Незначительно распространены ложковые россыпи, развитые на склонах обрывов, но в настоящее время они почти полностью отработаны.

Алмазы Северной площади хорошего качества, осколки составляют только 9%. Из кристаллографических форм преобладают октаэдроиды и тетрагексаэдры с выпуклыми гранями, реже встречаются гексатетраэдры. Двойников около 5%. Бесцветные разности составляют 71%, коричневые 17%, зеленые 6%, желтые 3%, серые 2,5% и светло-бурые 0,5%. Во включениях в алмазах встречены хромит, магнетит, оливин, алмаз, гранат, диопсид, графит. Среди алмазов преобладают ювелирные разности, в Маджгаване они составляют 45%, в конгломератах Шахидан около 80%.

Центральная алмазоносная площадь Индии расположена в бассейнах рек Брахмани, Маханади и в верхнем течении Года-

вари в штатах Бихар и Орисса [Jensen K. D., 1957]. В орографическом отношении центральная группа алмазных месторождений находится на южной оконечности плато Тшота-Нагпур, на восточном краю равнины Чаттисгар и на равнине Самбалпур, в среднем течении р. Маханади. Эта река берет начало из небольшого пруда около Канкара, имеет большой уклон продольного профиля и длину 880 км. Ниже равнины Самбалпур река пересекает Восточные Гаты Барамульским ущельем длиной 65 км и вступает в пределы штата Орисса. Подобный характер имеют и другие реки этого района — Брахмани и Годавари.

В геологическом отношении восточная часть района (горы Восточные Гаты) сложена гнейсами, чарнокитами и кондалитами северо-восточного простирания. На западе расположен большой бассейн Чаттисгар, образованный породами Куддапахской и Карнульской систем. Куддапахская система представлена кварцитовидными песчаниками с базальным слоем конгломератов, перекрытых известняками и сланцами. На породах Куддапахской системы местами сохранились останцы пород Виндийской серии, среди которых имеются разности, весьма близкие по составу алмазоносным песчаникам и конгломератам плато Бунделькандa. Алмазов среди них не найдено. В бассейне рек Маханади, Брахмани и Годавари и некоторых их притоков все известные аллювиальные россыпи древней и современной речной сети выработаны. Они располагались в бассейне р. Маханади в районах Чанда и Самбалпур, около о. Хира-Кунда. Вместе с алмазами добывалось золото. Тяжелые концентраты состояли из берилла, топаза, граната, аметиста и др. В 1809 г. в этих россыпях был найден алмаз размером 210,6 карата. Алмазы встречались по рекам Райгар, Джугпур и др.

Алмазные россыпи были известны и в верховьях левых притоков реки Годавари в районе Вайрагар в 150 км юго-восточнее г. Нагпур. В этом районе алмазы были найдены в конгломератах Саколи и в латеритах, образованных за счет пород Карнул. По р. Сат — притоку р. Конрагури, впадающей в р. Вайнганг, также известны алмазные копи, заброшенные еще в 1827 г. В среднем течении р. Брахмани в провинции Тшота-Нагпур имеется три заброшенных алмазоносных площади. Центральная площадь несомненно заслуживает внимания, поскольку почти ежегодно в ней отмечаются случайные находки алмазов. Данных о характере добытых на этой площади алмазов не сохранилось. Известно, что в бассейне р. Маханади были найдены алмазы размером 16,5, 45,33, 99,33 и 210,5 каратов.

Южная площадь алмазных месторождений Индии, или группа Голконда, расположена в провинциях Андхра-Прадеш и Мадрас и в бывших княжествах Хайдарабад, Низам и Визапур в бассейнах рек Кришна, Пеннер и нижнего течения р. Годавари [Dutt N. V., 1953].

Наиболее древние породы южной площади представлены архейскими гранитами, гнейсами и породами Дарварской серии, которые слагают отдельные полосы и пятна и являются продолжением пород Северной Индии.

Следующие по возрасту породы Куддапахской и Карнульской серий слагают два бассейна: один вытянут вдоль среднего и нижнего течения р. Годавари, а другой расположен между реками Кришна и Пеннер и имеет форму полумесяца, обращенного выпуклостью на запад.

Куддапахская серия делится на четыре свиты [Grawford A. R., Compston W., 1970, 1973]: Панагнийскую (1350 м), Чейярскую (3150 м), Налламайскую (1000 м) и свиту Кистна (600 м). На западе породы Куддапахской серии не метаморфизованы, а на востоке метаморфизованы и собраны в складки.

В Куддапахской впадине расположены два участка пород Карнульской серии, лежащей несогласно на породах Куддапахской. Первый находится в долине р. Кундайр и простирается до р. Кришна, а второй — в районе Палнад. Мощность Карнульской серии 360 м, она соответствует верхней части Виндийской серии. Карнульская серия делится на песчаники Банганапалле (алмазоносные), известняки и глинистые сланцы Джаммалмадугу, кварциты Паньяма и Кундайрские известняки и глинистые сланцы. Породы Карнульской и Куддапахской серий имеют морское происхождение. В отношении алмазоносности наиболее интересны песчаники и конгломераты Банганапальской свиты предположительно прибрежно-морского происхождения. Они обнажаются вдоль западного обрамления впадины и сложены крупнозернистыми полевошпатовыми песчаниками с прослойками конгломератов мощностью 0,15—0,6 м, прослеживающимися на большие расстояния. Галька их представлена кварцитами, кварцем, роговиками, разноцветными яшмами, плотными глинистыми сланцами и гнейсами. Содержание алмазов изменяется от 0,15 до 0,4 карата/м^3, реже больше.

В пределах южной площади известны следующие типы месторождений: кимберлиты, конгломераты свиты Банганапалле и третичного возраста, остаточные элювиальные и делювиальные россыпи на поверхности архейских гранито-гнейсов и аллювиальные россыпи современной речной сети. Всего установлено 88 месторождений, где в древности добывались алмазы (рис. 69).

Алмазоносные месторождения Восточной Годавари расположены в нижнем течении р. Годавари, которая берет начало в Западных Гатах. Длина ее 1465 км. В пределах быв. княжества Хайдарабад она принимает три крупных притока — реки Манджра, Вайнганг и Индравати; к устью долина реки сильно расширяется. Главная алмазоносная площадь находится на левом берегу реки, в ее нижнем течении.

Алмазоносные месторождения Кришна расположены в бассейне Кришны, которая берет начало в Западных Гатах, длина

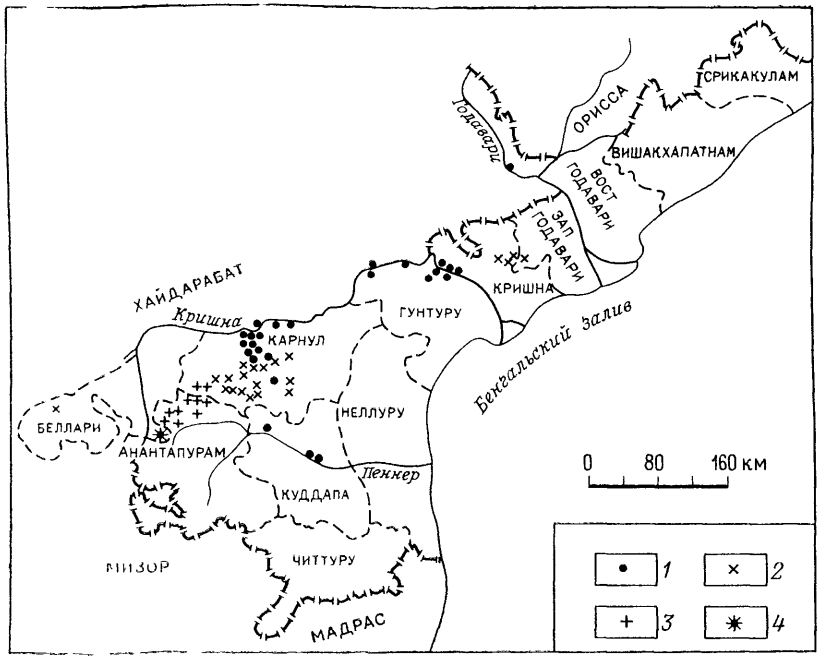

Рис 69 Схема расположения алмазных работ в штате Андхра-Прадеш, Южная Индия

1 — аллювиальные россыпи, *2* — алмазоносные конгломераты, *3* — россыпи на породах основания, *4* — кимберлиты

ее 1280 км. Вплоть до Хайдарабада она имеет характер горной реки с водопадами и перекатами. После слияния с реками Бхимой и Тунгабадрой р. Кришна представляет собой мощный водный поток, который у г. Безвода прорывает Восточные Гаты. Река Кришна становится алмазоносной лишь после пересечения ею куддапахских пород. В пределах княжества Хайдарабад разрабатывались алмазоносные песчаники, конгломераты и продукты их разрушения в округах Колханур, Амалгири, Сомсил, Ахампет, Муддима и др. по обоим берегам р. Кришна.

В 1890—1894 гг. из алмазоносных россыпей округа Партиал было добыто 8444 кристалла алмазов общей массой 2085 каратов (средняя масса 0,6 карата). Алмазы плохого качества и работы были прекращены.

Алмазные месторождения Гунтуру к юго-западу от р. Кришна. Имеются крупные древние выработки на площади Коллур, расположенной на правом берегу р. Кришна, непосредственно выше впадения в нее р Мунджайра В 1645 г. на этой площади работали 60 000 человек. Мощность алмазоносного аллювия 3—3,5 м. Источником алмазов площади Коллур служат три прослоя

конгломерата, переслаивающегося со сланцами Пальнад. На этой площади найдены алмазы Великий Могол (787,5 карата), Кохинур и синий алмаз Хопе.

Далее на восток на левом берегу р. Кришна находятся копи Малавили, разрабатывающие конгломеративный песчаник, лежащий на гнейсах. Его возраст предположительно третичный, он перекрыт слоем известкового туфа и сложен галькой песчаника, кварцита, яшмы, гранита и неокатанными обломками конгломерата. Работы производились на глубине 4,5—6 м. В 1891 г. на этой площади было добыто 362,75 карата.

Алмазы по р. Кришна встречаются лишь в ее нижнем течении, в месте выхода реки из узкого ущелья протяженностью 400 км. Алмазов в верховьях реки неизвестно [Raman C. V., 1969].

Алмазные месторождения Карнул находятся на междуречье Пеннер, Тунгабадра и Кундаир. В их пределах обнажаются конгломераты свиты Банганапалле, слагающие пологие холмы, вытянутые в юго-западном направлении. Они разрабатывались на рудниках Рамулкота, Банганапалле и других, расположенных вдоль обрыва, сложенного кварцитовидными песчаниками Банганапалле с прослойками алмазоносного конгломерата мощностью 0,15—0,20 м, лежащего на поверхности более древних пород. На площади Карнул разрабатывались элювиальные, делювиальные и аллювиальные россыпи, возникшие в результате разрушения алмазоносных конгломератов.

В долине р. Кришна известны древние алмазоносные галечники, лежащие на 18—24 м ниже уреза воды в реке и сцементированные окислами железа. Конгломераты Банганапалле эксплуатировались при содержании не ниже 0,15—0,40 карата/м^3.

Месторождения Куддапах расположены в бассейне р. Пеннер и протягиваются вверх по реке от с. Куддапах на 100 км (рудники Ченнур, Обалумпилли, Каннупарти, Ламдур и др.). Разрабатываются алмазоносные конгломераты Банганапалле и продукты их разрушения.

Месторождения Беллари находятся на правом берегу р. Тунгабадра на границе со штатом Мизор на западной окраине Куддапахской впадины. Разрабатываются конгломераты Банганапалле (рудники Вайра-Карур, Увалумпилли, Пайпулли, Кунамуддакуль и др.).

Месторождения района Анантапурам расположены на границе со штатом Майсур. Основная площадь Вайра-Карур, расположена на плато высотой 450 м над уровнем моря. На западе плато представляет собой равнину, а на юге и востоке — это холмистая местность. На северо-западе плато сложено красными гранитами, гнейсами, пегматитами и окварцованными породами Дарварской серии, а на востоке — гнейсами с дайками микрогранита, долерита, пегматита, амфиболовыми гнейсами и гранулитами с пропластками роговиков. Более 50% плато покрыто

мощным слоем черной почвы. К северу от Вайра-Карур находится низкий водораздел, вытянутый в широтном направлении, отделяющий район распространения кимберлитовых трубок от района распространения алмазных россыпей. Вероятно древняя р. Пеннер текла на север и впадала в р. Хазари, впоследствии она была перехвачена одним из притоков р. Читравари и изменила направление течения на обратное.

В районах Анантапурам, Карнул и Гунтуру имеющиеся алмазные россыпи располагаются на архейских породах вблизи их контакта с породами Куддапахской и Карнульской серий. Площадь распространения этих россыпей имеет форму ромба. Западной ее границей служат Латтаварам и Гунтокал, а восточной — Гута и Доне. Россыпи этой площади образованы элювием конгломератов свиты Банганапалле. Подобные россыпи распространены в районах Туггали, Гиригатла, Ионогири, Упарапалле в 35 км от Вайра-Карур. Все россыпи расположены к северо-востоку от Вайра-Карур.

Источником алмазов россыпей площади Вайра-Карур являются трубки кимберлита. Известны две трубки (1 и 2) вблизи Вайра-Карур и две (3 и 4) вблизи Латтаварама [Satyanarayana P., Phadtare P. N., 1965].

Трубка 1 находится к северо-западу от сел. Вайра-Карур и представлена четырьмя раздувами овальной формы размером 60—180 м, вытянутыми на 1100 м. Трубка выполнена темной голубовато-серой породой, пронизанной прожилками кальцита. Она сложена бесцветным серпентином, булингитом, амфиболом, хлоритом, пренитом и окислами железа с редкими вкрапленниками оливина, авгита, апатита и ильменита.

Трубка 2 расположена в 3 км восточнее сел. Вайра-Карур. Размеры ее 300×75 м и она вытянута в северо-восточном направлении. Трубка выполнена плотной мелкокристаллической породой, состоящей из серпентинизированного оливина, граната, ильменита, карбоната и окислов железа в криптокристаллической основной массе. Отмечаются многочисленные включения черного стекла и вмещающих гнейсов размером до 15 см, располагающиеся преимущественно по периферии трубки.

Трубка 3 расположена в 1 км к востоку от с. Латтаварам. Форма ее почковидная, размер 75×25 м с длинной осью, вытянутой в северо-западном направлении. Она выполнена мягкой и рыхлой породой бледного сине-зеленого цвета. Структура породы порфировая. Во вкрапленниках серпентинизированный оливин, энстатит, плагиоклаз и гранат. Имеются включения, сложенные диопсидом, темно-красным гранатом (альмандин) с небольшим количеством оливина, бесцветного граната и плагиоклаза (эклогит?). Гранат часто содержит включения пироксена и оливина. Основная масса зеленовато-синяя, сложена стеклом, карбонатами, флогопитом (?), хлоритом, серпентином, иддингситом и окислами железа. Встречаются редкие и мелкие обломки вмещающих пород.

Трубка 4 расположена в 1,5 км к востоку от Латтаварама. Размеры ее 265×130 м, длинная ось вытянута в северо-восточном направлении. Трубка выполнена очень твердой порфировидной породой темно-голубого цвета, напоминающей породу трубки 3. Она переполнена обломками вмещающих пород. Имеются включения роговой обманки и перидотита.

Возраст трубок Южной Индии близок к возрасту трубок Северной Индии. Так, по K-Ar методу возраст трубки 1 840±±33 млн. лет, трубки 3 — 936±38 млн. лет и трубки 4 1023±±40 млн. лет [Paul D. K., Harris P. G. e. a., 1975].

По минеральному составу кимберлиты Индии отличаются от кимберлитов Африки наличием стекла, плагиоклаза, роговой обманки, что является, возможно, следствием их метаморфизма.

В 1971 г. в районе трубок Вайра-Карур было промыто 14 000 т породы и было получено 13 алмазов массой 23,83 карата (средний размер 1,03 карата). Наибольший алмаз весил 9,4 карата.

Алмазы, связанные с конгломератами Банганапалле, обычно имеют октаэдрический габитус, гладкие и блестящие грани. Преобладают бесцветные алмазы с бледно-голубым, зеленоватым и желтоватым оттенками. Встречаются также коричневые, синие и другие камни. Значительный процент составляют обломки и пятнистые камни.

Алмазы разных площадей Южной Индии различаются по размеру. Наиболее крупные камни встречаются в районах Гунтуру, Кришна и Анантапурам, более мелкие в Карнуле. Наиболее мелкие камни приурочены к южной части района Карнул и северной Куддапах.

Площадь Голконда являлась родиной многих знаменитых алмазов, таких, как Кохинур, Орлов, Шах, Павел I, Низами, Хоппе, Зеленый Дрезден и др., которые отличались исключительной красотой и имели размер от 40 до 800 каратов. В настоящее время в Индии добывается 20—25 тыс. каратов, в ближайшие годы предполагается довести эту добычу до 80 000 каратов в год. За все время в Индии было добыто свыше 12 млн. каратов.

Несмотря на то что добыча алмазов в Индии ведется несколько десятков столетий, ее перспективы в отношении алмазоносности еще далеко не исчерпаны. Производятся поиски кимберлитов в Северной Индии в районе Панна в штате Мадхья-Прадеш, детальное изучение площади Вайра-Карур в Южной Индии в отношении распространения конгломератов Банганапалле и возможности обнаружения новых трубок кимберлита, опробование аллювия рек Кришна и Пеннер. В Центральной Индии изучаются конгломераты Саколи в Вайрагархе, в долине р. Пайсана и др.

Наибольший интерес в Индии представляют древние алмазоносные конгломераты, залегающие в понижениях, выполненных виндийскими, куддапахскими и карнульскими породами.

Шри-Ланка. В местности Бомбаработива в провинции Сабарагамува в конгломератах с галькой кварца и железистых кварцитов найден первый на острове алмаз [Gunarotne H. S., 1965]. Более подробные сведения отсутствуют.

Глава VI

АЛМАЗОНОСНОСТЬ КИТАЙСКО-КОРЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Китайско-Корейская платформа расположена на восточной оконечности Азиатского континента. На севере она ограничена Восточно-Монгольской складчатой зоной, а на юге — узкой складчатой полосой гор Цинлиня. Она занимает восточную часть Китайской Народной Республики, Шаньдунский и Ляодунский полуострова на побережье Желтого моря, охватывает территорию КНДР и значительную площадь дна Желтого моря (рис. 70).

В восточной части платформы складчатые породы ее основания выходят на поверхность в пределах Ляодунского полуострова (КНДР), Шаньдунского полуострова (КНР) и поднятия Шанси (западнее Пекина). Эти поднятия разделены впадинами, выполненными породами мощностью до 7000 м.

В строении складчатого кристаллического основания Китайско-Корейской платформы принимают участие три серии пород.

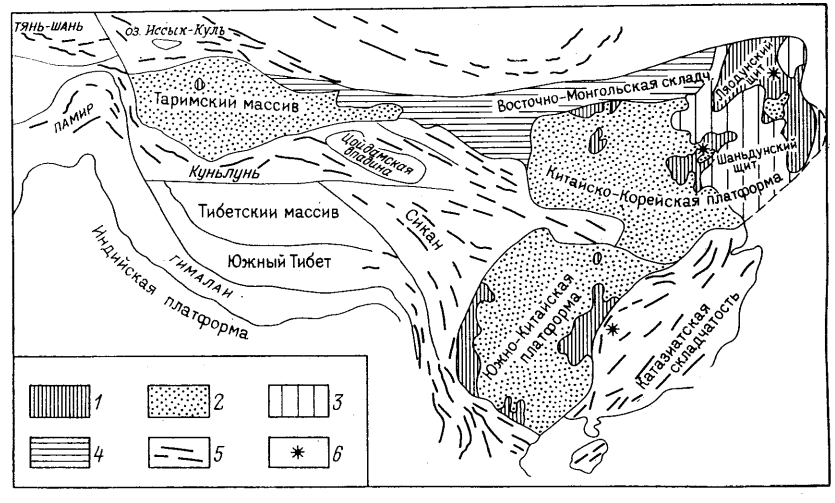

Рис. 70. Схема строения Китайско-Корейской и Южно-Китайской платформ. По *М. В. Муратову* [1966].

1 — выступы складчатого основания древних платформ постскарельского возраста (более 1500 млн. лет); *2* — части платформ с таким же основанием под чехлом осадочных отложений; *3* — части платформ, выступающие на поверхность; *4* — Восточно-Монгольская протерозойская складчатая система; *5* — палеозойские и мезозойские складчатые системы; *6* — кимберлиты и алмазы

Наиболее древняя Аншанская (до 2,6 млрд. лет) состоит из гнейсов, мигматитов, кристаллических сланцев и железистых кварцитов. Вторая серия Утай (1,7—1,8 млрд. лет) представлена гнейсами, амфиболитами и мигматитами. Третья более молодая серия Хуто сложена менее метаморфизованными породами — кварцитами, различными сланцами и кристаллическими известняками. Все породы собраны в складки и прорваны гранитами и пегматитами (1,5 млрд. лет).

Фундамент платформы перекрыт осадочными породами, в основании которых залегают синийские породы (1,04—0,9 млрд. лет).

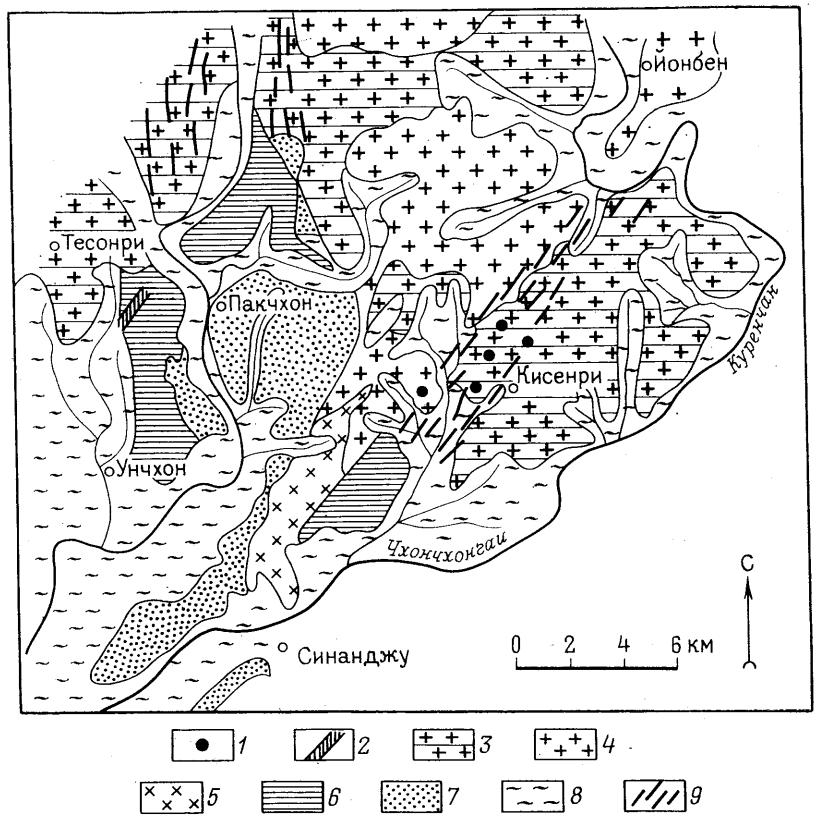

Рис. 71. Геологическая карта района находок кимберлитов в КНДР. По *Ким Док Сону* и *Ви Мин Хону* [1972].

1 — трубки кимберлита; *2* — дайки кимберлита (мезозой); *3* — архейские породы; *4* — граниты Тан-Чон (юра); *5* — граниты Ампокан (мел); *6* — отдел Покеу (нижний мел); *7* — отдел Пакчхон (нижний мел); *8* — четвертичные породы; *9* — зоны разломов

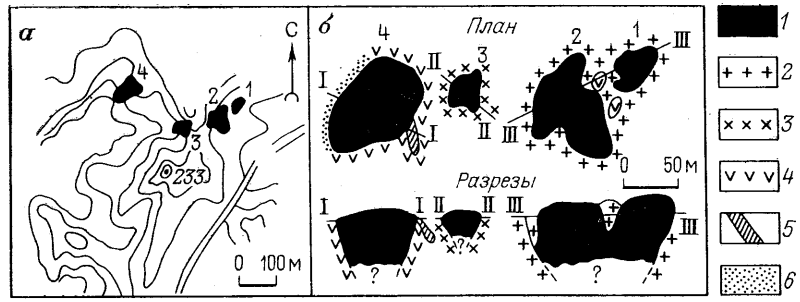

Рис. 72. Кимберлиты КНДР. По *Ким Док Сону* и *Ви Мин Хону* [1972].

а — схема выходов кимберлита, *б* — план и разрезы трубок кимберлита. *1* — кимберлиты; *2—4* — гранито-гнейсы: 2 — γ^1А, *3* — γ^2А, *4* — γ^3А; *5* — кварцевые дайки; *6* — четвертичные отложения

Алмазоносность Ляодунского щита

В КНДР на Ляодунском полуострове в районе Пакчхоня-Кисенгри среди архейских пород обнаружено четыре трубчатых тела кимберлита, из которых два соединяются на глубине [Ким Док Сон, Ви Мин Хон, 1972]. Диаметр трубок 30—120 м (рис. 71, 72). Кроме того имеется дайка кимберлита, рвущая юрско-нижнемеловые отложения. Кимберлит сложен вкрапленниками серпентинизированного оливина, граната, пироксена, ильменита, флогопита, магнетита и др. Основная масса состоит из кальцита, серпентина, мелких зерен оливина и авгита, перовскита, апатита и др. (табл. 46). Алмазов не обнаружено.

Более подробные данные отсутствуют.

Таблица 46

Химический состав кимберлитов Ляодунского щита (в вес. %)

№ п/п	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	NiO
I	34,31	1,23	9,72	3,25	4,02	27,20	8,50	0,51	0,18	0,26	0,10	0,15
II	29,57	1,31	3,48	5,04	2,62	26,26	11,93	0,54	0,25	0,45	0,13	0,14
III	28,78	3,32	4,20	7,89	5,09	21,28	12,94	1,07	0,22	0,59	0,04	0,05

Алмазоносность Шаньдунского щита

На Шаньдунском полуострове в Китайской Народной Республике алмазы встречались в провинции Шаньдун в бассейнах рек И-хо и Шу-хо. В геоморфологическом отношении бассейны этих рек расположены в области остаточных гор, среди широ-

кой аллювиальной равнины [Wang K. P., 1960; и др.]. На реках этой равнины отчетливо выявляются две надпойменные террасы 8—9 и 14—15 м и признаки более высоких. Находки алмазов известны:

1) в 17 км к северо-западу от Менг-юаня, в 3,5 км от храма Фцу-тун-менга в районе Чинг-лу;

2) по рч. Шан-хо, между сел. Хичу-фу и Чанг-лу;

3) в русле р. Йе-хо, около самого Менг-юаня.

Алмазоносный район сложен архейскими и протерозойскими породами, подвергшимися интенсивному химическому выветриванию. Алмазы найдены в отложениях древней и современной речной сети. Остатки древней сети сохранились пятнами на вершинах некоторых холмов. Имеются две полосы древних отложений; первая вытянута в меридиональном направлении на 22 км при ширине несколько километров, вторая расположена параллельно первой и находится на западном склоне хр. Ма-линг-шаня шириной 0,5 км.

Алмазы мелкие, величиной с конопляное зерно, известны находки и крупных алмазов величиной до 100 каратов. Преобладают бесцветные, желтые и коричневые камни. Коренной источник алмазов Шаньдуня неизвестен.

Глава VII

АЛМАЗОНОСНОСТЬ ЮЖНО-КИТАЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЕЕ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Южно-Китайская платформа занимает значительную часть Юго-Восточного Китая и северную часть Бирмы и имеет форму четырехугольника. С востока она ограничена каледонидами Катазии, на западе и юге — мезозойской складчатой системой. На северо-востоке она примыкает к Китайско-Корейской платформе и отделена от нее зоной герцинской складчатости Цинлиня. На юге находится Таиландо-Камбоджийский щит, консолидированный в нижнем палеозое или докембрии. Не исключено существование подобных щитов и южнее, где они переработаны мезо-кайнозойской Тихоокеанской складчатостью (рис. 73).

Южно-Китайская платформа сложена архейскими породами — кристаллическими сланцами, филлитами, песчаниками, кварцитами, гранитами и гранодиоритами, обнажающимися в ряде выступов. На востоке имеется Цзянайский, на западе Юнаньский и совсем небольшой выступ на юге. Основание платформы закрыто чехлом синийских пород [Муратов М. В., 1966]. Алмазы и кимберлиты известны в следующих районах платформы.

Южный Китай. Первые алмазы в Южном Китае были найдены 30—40 лет назад в бассейне р. Юаньцзян, правом притоке р. Янцзы, при разработке золотых россыпей в провинции Западный Хунань [Mining Annual Review, 1969—1978].

Наиболее древние породы этого района представлены метаморфическими сланцами свиты Панси, местами перекрытой мощной (до 2 км) толщей сильно метаморфизованных и рассланцованных филлитов. Выше залегают метаморфизованные кремнистые, углистые и песчанистые сланцы и песчаники с пропластками конгломератов общей мощностью 200—300 м синийского возраста, кембрийские и силурийские песчаники. Угленосные отложения карбона, перми, триаса и юры слабо развиты. Все эти породы перекрыты красноцветной свитой «Е» третичного возраста мощностью до 400 м с конгломератами, с галькой местных пород в основании. Из изверженных пород известны лишь маломощные дайки долерита, прорывающие породы свиты «Е», дайки и силлы базальтов на водоразделах.

Наиболее богаты алмазами россыпи р. Наньшуй, притока р. Юаньцзян. Ширина долины р. Наньшуй 1—2 км, в ее пределах развиты террасы 15, 30, 60—65 и 80—90 м. Русловые отложения сложены галечниками мощностью до 5 м. Галька представлена главным образом кварцем, кварцитом, черным крем-

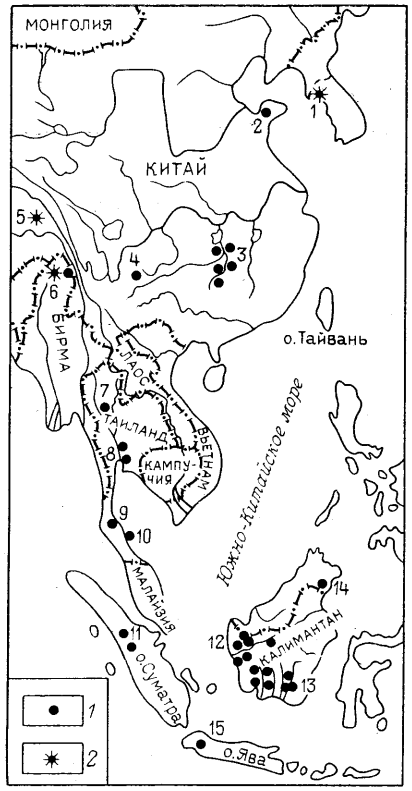

Рис. 73. Карта алмазоносности Китая, Бирмы, Таиланда, Индонезии и Малайзии.

1 — находки алмазов; *2* — кимберлиты. 1 — кимберлиты Пакчхоня, КНДР; 2 — алмазы полуострова Шаньдунь, Китай; 3 — алмазы бассейна р. Юаньзян в провинции Западный Хуань, Китай; 4 — алмазы в провинции Гуйчжоу, Китай; 5 — кимберлиты Хэндуаньшаня, Китай; 6 — кимберлиты и алмазы Северного Шана, Бирма; 7 — алмазы р. Клонг-лей, Таиланд; 8 — алмазы рек Кхлонг-Пхангнга и Такуа Па, Таиланд; 9 — алмазы в районе о. Пукет, Таиланд; 10 — алмазы в районе гавани Тонгка, Таиланд; 11 — алмазы в центральной части о. Суматра, Индонезия; 12 — юго-западный алмазоносный район о. Калимантан, Индонезия; 13 — юго-восточный алмазоносный район о. Калимантан, Индонезия; 14 — алмазы в Малайзии; 15 — алмазы на о. Ява, Индонезия

нем и др. Алмазоносны ящикообразные лога шириной до 500 м и длиной до 15 км, впадающие в реку. Мощность ложковых отложений до 3 м. В тяжелых концентратах вместе с золотом, платиной и алмазами встречен пироп, что, возможно, указывает на кимберлитовое происхождение наньшуйских алмазов. Алмазы и золото встречаются на всем протяжении реки — от истоков до устья. Средний размер алмазов 0,7 карата, наибольший камень весил 4 карата. Большинство алмазов бесцветные, реже встречаются зеленоватые и желтоватые. Из кристаллических форм преобладают октаэдры и додекаэдры. Камни со следами износа встречаются редко. Среднее содержание алмазов 2,2—3,7 карата/м³ [Gong Pu, 1975]. В конце 1976 г. было открыто крупное месторождение в округе Лиаонинг. Более подробные данные отсутствуют.

Кроме провинции Западный Хунань алмазы известны в провинции Гуйчжоу. Кимберлиты обнаружены в Южном Китае, в пределах Хэндуаньшанской зоны глыбовых структур, расположенной между Тибетским и Южно-Китайским платформенными массивами [Основы тектоники Китая, 1962].

Ежегодная добыча алмазов в Китае 2—2,5 млн. каратов [Mining Annual Review, 1969—1978].

Бирма. В 1958 г. кимберлиты были обнаружены в районе Менглай в штате Северный Шан, а в 1972 г. в этом районе были найдены и алмазы. [Burmese diamonds, 1971]. Более подробные данные отсутствуют.

Таиланд. Первые алмазы были найдены в отвалах двух оловянных рудников на западном побережье Южного Таиланда [The geology..., 1975]. В дальнейшем алмазы были обнаружены в аллювиальных и морских россыпях касситерита: 1) по р. Кхлонг-Лей к юго-востоку от с. Такуа Па; 2) по р. Кхлонг Пхангнга вблизи с. Пхангнга; 3) по р. Катху напротив о. Пукет; 4) в районе гавани Тонгка.

Всего найдено несколько десятков камней. Средний размер их 0,32 карата, наибольший 0,9 карата. Алмазы в большинстве желтоватые, реже встречаются бесцветные, красновато-коричневые. В кристаллографических формах преобладают додекаэдры.

В районе находок наиболее древними породами являются породы свиты Пукет (кембрий — девон). Среди них выделяются две пачки — нижняя и верхняя. Нижняя пачка, сложена в основном турбидитами и галечными аргиллитами с угловатой мелкой галькой (до 1 см) серых кварцитов, жильного кварца, биотитового гранита и серого перекристаллизованного известняка. Мощность галечных аргиллитов около 40 м, местами они располагаются в понижениях подстилающих пород. Тяжелый концентрат их представлен цирконом, эпидотом, рутилом, анатазом, волокнистым амфиболом, трумалином, ильменитом, монацитом и др. Спутников алмаза по кимберлитам пиропа и хромдиопсида встречено не было.

Верхняя пачка свиты Пукет мощностью до 200 м представлена мелководными песчаниками и сланцами.

Породы свиты Пукет продолжаются и в Бирму, где они известны под названием серии Мергуи. Породы свиты Пукет, судя по характеру гальки и зерен касситерита, претерпели длительный перенос, в процессе которого они потеряли все типичные минералы кимберлитов, так как коренным источником алмазов Таиланда служили, вероятно, древние (докембрийские) кимберлиты. Содержание алмазов в россыпях Таиланда порядка один карат на 28 000 м³ породы.

Индонезия. В пределах Индонезии алмазы известны на островах Калимантан, Суматра, Ява и некоторых других.

Остров Суматра. На этом острове алмазы были обнаружены при отработке золотых и оловянных россыпей в его центральной части к югу от р. Кампар-Канан [Hoen, 1931]. За все время было найдено 150 камней. Алмазы мелкие, наибольший весил 24 карата. Содержание алмазов в россыпях невысокое, примерно 1 карат на 6000—7000 м³.

Остров Калимантан представляет собой гористую страну с расположенными на ней высокими горными хребтами. На юге вдоль побережья протягиваются обширные низменности, заходящие по долинам рек далеко в глубину острова. Широкая горная система пересекает остров в субмеридиональном направлении, начинаясь от гор Канибалу (4100 м) на севере через

хребты Иран и Мюллер до гор Шванер (2278 м) на юго-западе [Van Bemmelen R. W., 1949]. Основным источником добычи алмазов на о. Калимантан являются аллювиальные россыпи третичного и четвертичного возраста, расположенные на юго-востоке и юго-западе острова. На юго-востоке острова установлено несколько алмазоносных площадей, из которых главная расположена в бассейне р. Риам-Канан и Риам-Кива. Эти реки, сливаясь, образуют р. Мартаноэдру, впадающую в р. Барито.

Алмазоносная площадь расположена на склонах хребтов Мератус и Бобарис, являющихся водоразделом рек, текущих на юго-восток и на запад. Главные центры добычи сосредоточены в деревнях Трампана, Бентон, Яванг-Сенганг и Банджо-Иранг. Находки алмазов известны по р. Барито и его притокам.

Наиболее древние породы района представлены палеозойскими кристаллическими сланцами. Следующая по возрасту юрская формация Алино сложена сильно метаморфизованными радиоляровыми роговиками, кремнистыми, глинистыми и мергелистыми сланцами и изредка кристаллическими известняками. На северо-восточной оконечности хр. Бобарис обнажаются одновозрастные или более молодые слои Панунгган мергелистых или глинистых полимиктовых песчаников (рис. 74).

Все эти породы прорваны интрузией ультраосновных и основных пород, образующих два крупных массива Бобарис и Мератус. В первом встречены трубчатые тела, выполненные брекчиевым материалом (районы Хурон, р. Сунгей-Ахим и др.), содержащие мелкие (до 0,1 карата) алмазы. Некоторые исследователи рассматривали эти ультраосновные породы как кимберлитоподобные и как коренные источники алмазов о. Калимантан. Однако они сильно отличались от кимберлитов, так как не содержали ни пиропов, ни хромдиопсидов, ни ксенолитов родственных включений и т. д. Они располагались в складчатых областях, что не характерно для кимберлитов, содержали значительно меньший процент щелочей, MgO и др. Открытие в Бирме кимберлитов и намечающаяся связь алмазов с Южно-Китайской платформой указывает на возможную связь алмазоносности Калимантана с еще не обнаруженными кимберлитами.

Верхнемеловая формация Манунггул залегает несогласно на более древних породах, широко распространена и содержит конгломераты, на некоторых участках алмазоносные. Они являются источником алмазов на рр. Пенанг, Артаипа и других, берущих начало с гор Брукит-Базара. Имеются дайки и штоки эоценовых порфиритов, спессартитов, камптонитов и др., секущих все более древние породы. Палеогеновые и неогеновые породы представлены кварцитовидными песчаниками, конгломератами, глинистыми сланцами с угольными пластами, а также мергелями и известняками.

Четвертичные аллювиальные отложения большой мощности встречены в нижнем течении рек Риам-Канан и Риам-Кива, а

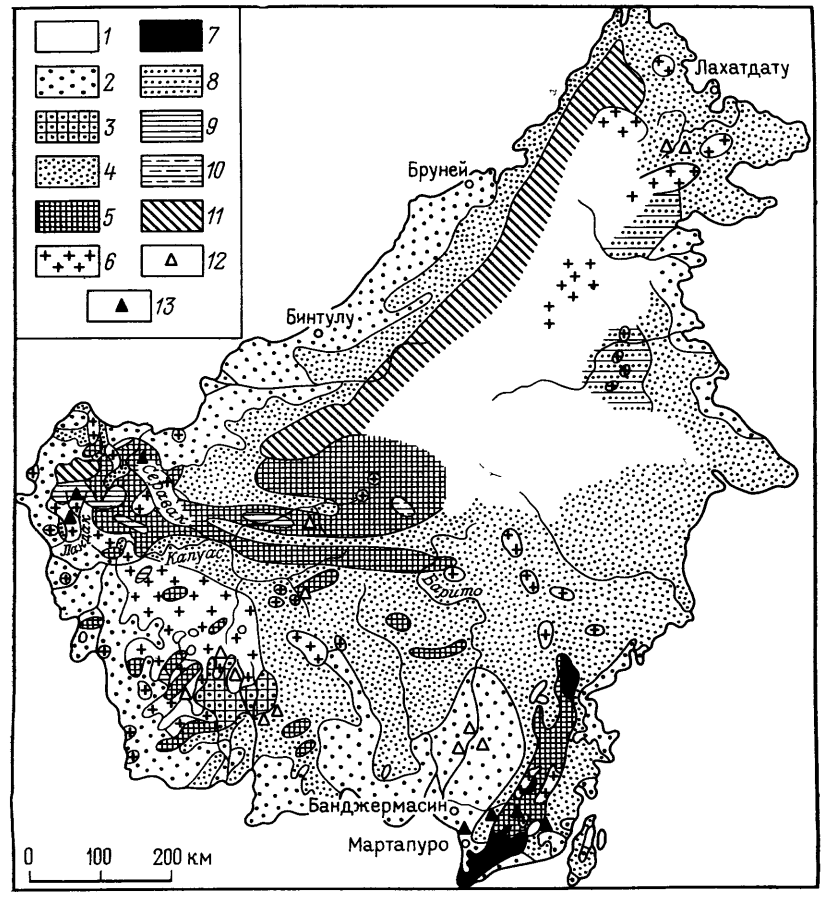

Рис. 74. Геологическая карта о. Калимантан и его алмазоносные районы.
1 — неисследованные районы; *2* — четвертичные отложения; *3* — базальты; *4* — третичные отложения; *5* — меловые отложения; *6* — граниты; *7* — серпентиниты; *8* — мезозой; *9* — юра; *10* — триас; *11* — палеозой. *12* — места находок алмазов; *13* — алмазоносные районы

также в бассейне р. Барито, а морские четвертичные отложения — глины, пески и гравий — распространены на побережье.

Юго-восточная алмазоносная площадь находится в гористой стране с грядами низких и широких холмов, между которыми в сравнительно глубоких и узких низинах протекают многочисленные короткие и извилистые речки с заболоченными берегами, впадающие обычно в болота Банджо-Иранг и др. В верхних частях долин алмазоносные галечники залегают на небольшой глубине от поверхности, в устьях рек они покрыты наносами мощностью 7—8 м, а в болотистых зонах мощность наносов достигает 25 м.

Мощность алмазоносных галечников также изменяется в широких пределах, обычно она небольшая в верховьях рек, а ниже увеличивается до 1 м. Алмазоносные галечники сложены галькой белого кварца размером до 20 см. Иногда встречаются обломки порфиритов, слюдистых кварцитов, сильно выветрелых гранулитов и пегматитов, глыбы раковинного известняка, крупные шарообразные включения кремня, а также обломки его неправильной формы. Цементом галечников является белая глина, возникшая за счет разрушения полевых шпатов. Распределение алмазов в россыпях весьма неравномерное, наиболее обогащены алмазами стрежневые участки русла, к бортам содержание алмазов резко падает. Спутники алмазов в россыпях: золото в форме мелких самородков, зернах и чешуйках, мелкая платина, синий, серый и бурый корунд, рутил, магнетит, хромит, рубин, топаз, шпинель и гиацинт.

Бо́льшая часть подобных россыпей уже выработана, нетронутыми остались участки россыпей в нижних частях долин под мощными водоносными отложениями. Внутренняя часть алмазоносной площади по долине р. Коесан покрыта джунглями, слабо населена и мало изучена, поэтому в ее пределах возможно обнаружение новых россыпей.

Юго-западный алмазоносный район расположен в западном округе с главным городом Понтианаком. Алмазоносны площади Ландак и Сангау в бассейнах рек Ландак и Секоян, правого притока р. Капуас. Кроме этих площадей алмазные россыпи известны в верховьях р. Капуас и по рр. Кутай и Кеван, впадающих в зал. Катаварингин на южной оконечности острова и в Западном Сараваке в верхнем течении рек Ботанг-Кауан и Сунгай-Кира вместе с золотом.

Юго-западный алмазоносный район сложен сильно складчатыми осадочными и вулканическими породами пермо-карбона, на которых трансгрессивно располагаются породы верхнего триаса. Меловые и палеогеновые отложения маломощные и слабоскладчатые. Имеются выходы постпалеогеновых андезитов.

Неоген обнажается лишь на самом юге Западного Калимантана, в бассейнах рек Кутай, Серуян и других и представлен песчаниками, глинистыми сланцами и мергелями с пропластками известняков. Четвертичные породы представлены морскими и аллювиальными отложениями и развиты на морском побережье и в дельтах рек.

Алмазные россыпи распространены преимущественно по рекам, берущим начало в районах Чайнес и Кетананг, в областях развития складчатого палеозоя и мезозоя, и почти отсутствуют в центральной части Западного Калимантана среди третичных пород.

На этой площади преимущественно распространены террасовые и русловые россыпи. Существует два комплекса террас: верхний третичный и нижний четвертичный. Так, на р. Секоян

установлены террасы: пойма, I (12—15 м), II (55 м), III (70—80 м), IV (95—100 м), V (155 м) надпойменные террасы. Все террасы р. Секоян алмазоносны. Мощность террасовых отложений 2—12 м, нередко они сцементированы окислами железа в плотные конгломераты. Алмазы приурочены к нижним горизонтам отложений. Галька россыпей состоит из кварцитов, кварцитовидных и глинистых сланцев, песчаников, гранита, габбро, диабаза, мелафира и андезита. Галька сильно выветрелая.

Алмазы в россыпях сопровождаются кварцем, роговой обманкой, пиритом, магнетитом, киноварью, золотом, платиной, синим и фиолетовым корундом. Добываемые на о. Калимантан алмазы сравнительно мелкие; камни в 1—2 карата большая редкость. Из кристаллографических форм наиболее распространены октаэдр, реже ромбододекаэдр и куб. Двойники встречаются довольно часто. Качество алмазов высокое, преобладают ювелирные разности.

Большинство камней имеют желтоватый оттенок, но встречаются также бесцветные, желтые, розовые, красные, лиловатые, дымчатые и черные камни. Нередко в бесцветных камнях наблюдаются включения окрашенных алмазов той же кристаллической формы, что и вмещающий их камень.

Алмазы юго-восточного района славятся своей красотой и блеском. Самый крупный алмаз из этого района весил 77 каратов и был найден в Генонг-Лаваке недалеко от Томпака. Имеются сведения о находке камней в 74, 106 и более каратов.

В юго-западном районе часто встречаются камни со следами износа. В этом районе были найдены алмаз Звезда Саравака массой 87 каратов, Сагима 70 каратов и др. В Западном Сараваке алмазы небольшие и невысокого качества. Алмазы р. Сунгай-Симбах обычно имеют желтоватый и реже красноватый оттенок. Средний размер алмазов 0,25 карата. Известны камни 16, 18 и 72 карата.

О производительности отдельных алмазных площадей Калимантана можно судить по следующим данным. В районе Мартапура ежемесячно добывается около 1500 каратов, по р. Барито около 3000 и в Самаринда 300 каратов. Годовая добыча алмазов в Калимантане не превышает 10 000 каратов. За все время добычи из недр Калимантана извлечено свыше 12 млн. каратов алмазов.

Остров Ява. Известна находка трех алмазов размером 3,5 карата в западной части острова, в регенстве Банджар в Кива-Пентарон. Более подробные данные отсутствуют.

Из всего вышеизложенного следует что алмазоносность Южно-Китайской платформы изучена еще весьма слабо и ее перспективы не совсем ясны. Несомненно имеются все основания ожидать обнаружение в ее пределах новых открытий кимберлитов и алмазов.

Глава VIII

АЛМАЗОНОСНОСТЬ АВСТРАЛИЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Австралийская платформа занимает западную и центральную части Австралийского континента. Складчатый фундамент этой древней платформы сложен архейскими и нижнепротерозойскими породами. Местами они обнажаются на поверхности, образуя щиты и блоки. В пределах платформы можно выделить [Муратов М. В., 1966] следующие щиты.

А. Западно-Австралийский щит, состоящий из двух основных блоков — Пилбара и Йилгарн, сложенных архейскими породами и разделенных нижнепротерозойским складчатым поясом. На крайнем севере Западной Австралии выделяется блок Кимберли, отделенный от блока Пилбара палеозойской синеклизой Каннинг (рис. 75).

Б. Центрально-Австралийский щит, представленный двумя изолированными блоками архейского фундамента — Аранта и Масгрейвс, разделенных авлакогеном Амадиес.

В. Южно-Австралийский щит представлен блоком Голер, к востоку от которого располагается геосинклинальная система Аделаида.

На самом востоке Австралийская платформа граничит с палеозойской складчатой системой с отдельными выходами древних пород (пояс Маунт-Айза, срединный массив Брокен-Хилл и блоки Джорджтаун и Маунт-Пейднжер [Колотухина С. Е. и др., 1974].

Кимберлиты и алмазы встречены как в пределах самой платформы, так и в восточном ее складчатом обрамлении.

Австралийская платформа

Штат Западная Австралия. Известно 17 выходов кимберлитов на платформе Кимберли. Более подробные данные отсутствуют [Mining Journal, 1969, № 7009]. В этом же районе по р. Леннард было найдено много мелких алмазов размером до 0,3 карата. В районе Серпентайп в шлихах были обнаружены пиропы.

В блоке Пилбара на золотоносной площади того же названия в районе Наллагайн в 1885 г. были найдены алмазы [Трофимов В. С., 1967].

Блок Пилбара сложен наиболее древними породами — гранитами (3060 млн. лет), которые прорывают основные вулканические и осадочные породы, смятые в сложные изоклинальные складки между массивами гнейсовых куполов. Породы системы

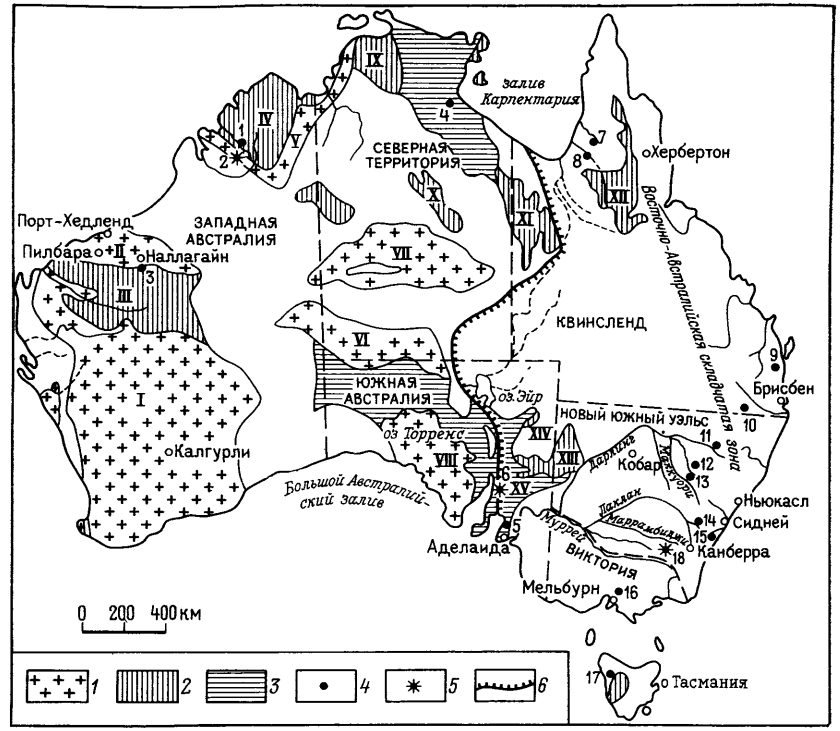

Рис. 75. Распространение кимберлитов и алмазов на Австралийской платформе. По *М. В. Муратову* [1966].

1 — архейские ядра; *2* — складчатые пояса среднего и нижнего протерозоя; *3* — складчатые пояса верхнего протерозоя; *4* — места находок алмазов; *5* — кимберлиты; *6* — границы платформы.

I — ядро Йилгарн (архей, местами активизированный), II — ядро Пилбара (архей); III — Срединный пояс — складчатые пояса нижнего и среднего протерозоя; IV — платформа Кимберли (нижний и средний протерозой); V — складчатый пояс Холле-Крик; VI — блок Масгрейвс (архей, местами активизированный); VII — блок Аранта (архей, местами активизированный); VIII — блок Голер (архей); IX — складчатый пояс Пайн-Крик (нижний и средний протерозой); X — складчатый пояс Теннант-Крик (нижний и средний протерозой); XI — складчатый пояс Маунт-Айза; XII — блок Джорджтаун (активизированный нижний и средний протерозой); XIII — срединный массив Брокен-Хилл — складчатые пояса нижнего и среднего протерозоя; XIV — блок Маунт-Пейнджер — складчатые пояса нижнего и среднего протерозоя; XV — Аделаидская складчатая область — складчатые пояса верхнего протерозоя.

1 — кимберлиты в районе г. Кимберли; 2 — алмазы на р. Леннард; 3 — алмазы в районе г. Наллагайн; 4 — алмазы россыпи Папуа; 5 — алмазы площади Эгуни; 6 — кимберлиты в районе г. Теровье; 7 — алмазы на р. Пальмер; 8 — алмазы на р. Гильберт; 9 — алмазы в районе г. Станторта; 10 — алмазы на р. Мари; 11 — алмазы в районе г. Инвереля; 12 — алмазы площади Куджегонг; 13 — алмазы площади Ту-миль-флетс; 14 — алмазы в районе г. Батерст; 15 — алмазы р. Шелхейвен; 16 — алмазы в районе г. Мельбурна; 17 — алмазы бассейна р. Саваги; 18 — кимберлиты юго-восточной части Нового Южного Уэльса

Пилбара несогласно перекрыты породами серии Москито-Крик, которые в свою очередь перекрыты отложениями системы Наллагайн нижнего протерозоя, прорванных силлами и дайками долерита, габбро, перидотита и других верхнепротерозойского и

нижнепалеозойского возраста. Система Наллагайн состоит из песчаников, сланцев и известняков с потоками кислых и основных лав и базальными конгломератами мощностью до 90 м в основании. В районе г. Наллагайн этот конгломерат алмазосодержащий и установлен на площади в 50 км². Он сложен галькой кварца, кварцита, сланцев, базальта, более древнего конгломерата и других пород, цемент железисто-каолиновый. Добычные работы были сосредоточены на холме Брук, на котором конгломераты сохранились в форме нашлепок на его вершине, и на холме Грант, сложенном целиком конгломератами. Содержание алмазов в конгломератах весьма неравномерное, местами достигало 0,75—1,0 карата/т. В 1970 г. Дж. Д. Картером было добыто 70 камней, из которых самый крупный весил 3,5 карата. Вместе с алмазами добывалось некоторое количество золота [Carter J. D., 1973].

Алмазы конгломератов системы Наллагайн бесцветные и прозрачные, хорошего качества, без дефектов. Среди кристаллографических форм преобладали октаэдры. Средний вес алмазов около 0,25 карата.

Штат Южная Австралия. В этом штате найдено около 100 алмазов попутно при добыче золота на площади Эгуни в 25 км юго-восточнее г. Аделаида (рис. 76). Алмазы найдены в пределах горста между грабенами Спенсер и Св. Висента, сложенного докембрийскими кварцитами, слюдяными и глинистыми сланцами свиты Барроу и породами свиты Аделаида, которая состоит из двух горизонтов — верхнего тиллитов и флювиогляциальных отложений и нижнего известковистых и глинистых сланцев.

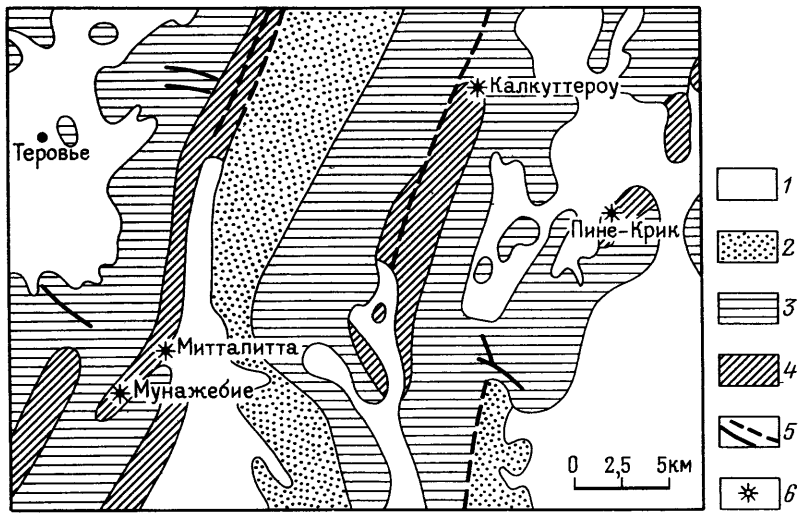

Рис. 76. Геологическая карта района находок кимберлитов в Южной Австралии [Colchester D. M.,1972].

1 — четвертичные отложения; *2—4* — система Аделаида: *2* — группа Уилпина, *3* — группа Амберстона, *4* — группа Барра; *5* — разломы; *6* — кимберлиты

В 230 км к северу от г. Аделаида, к востоку и северу от г. Теровье были обнаружены кимберлиты, прорывающие породы свиты Аделаиды (группы Уилпина, Амберетана и Барра), собранных в складки и нарушенных сбросами [Colchester D. M., 1972] (см. рис. 70).

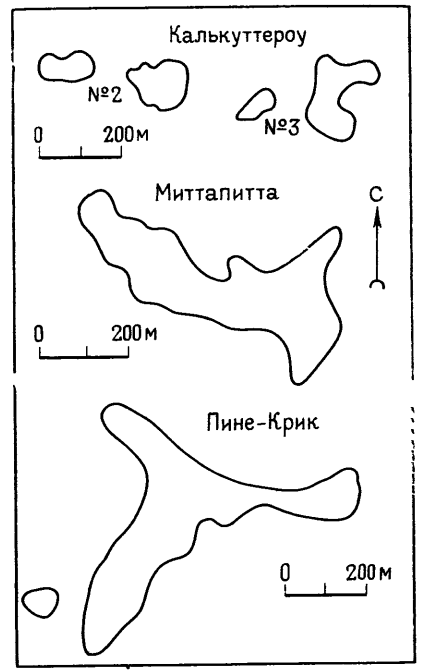

Рис. 77. Форма кимберлитовых трубок Южной Австралии [Colchester D. M., 1972]

Кимберлиты представлены двойными трубками Калкуттероу 1 и 2, Пине-Крик, одиночной Миттапитта и рядом даек (рис. 77). Площадь отдельных трубок 35 га. Дайки имеют субвертикальное падение при мощности 0,2—2 м и прослеживаются по простиранию до 400 м. Кимберлиты приурочены к шарнирам антиклинальных складок. В районе кроме кимберлитов известна мощная дайка оливиновых нефелинитов и трубка основных пород диаметром 90 м. Кимберлиты сильно выветрелые, представлены брекчированными и массивными разностями. Во вкрапленниках присутствуют серпентинизированный оливин, флогопит, пироп в келифитовых оболочках. хромдиопсид и пикроильменит. Основная масса оливково-зеленая, богатая карбонатами. О химическом составе кимберлитов можно судить по химическому составу дайки 2 (в вес. %):

SiO_2	24,83	Na_2O	0,09
TiO_2	2,33	K_2O	0,59
Al_2O_3	2,13	P_2O_5	0,56
FeO	7,15		
MnO	0,09		
MgO	14,09	Mg/Fe	1,53
CaO	20,52	K/Na	7,34

В дайках кимберлита ксенолиты отсутствуют. Алмазов не найдено.

Штат Северная Территория. Несколько алмазов найдено в россыпи Папуа. Более подробные данные отсутствуют.

Восточно-Австралийская складчатая зона

В ее пределах алмазы известны в штатах Квинсленд, Новый Южный Уэльс, Виктория и на о. Тасмания. Они добываются попутно при эксплуатации золотых, оловянных, сапфировых и других россыпей. Известны следующие типы россыпей.

1. Древние подбазальтовые россыпи двух возрастов — миоцен-нижнеплиоценовые и более молодые среднеплиоценовые. Россыпи этих двух возрастов погребены под мощными покровами базальтов и являются аллювием древних рек этого возраста. Подбазальтовые россыпи сложены валунами и галькой местных пород в песчаном, а иногда железистом цементе.

2. Межбазальтовые россыпи среднего плиоцена, принадлежащие к речным системам, существовавшим в промежуток времени между двумя излияниями базальтов. Россыпи сложены песками с мелкой галькой. Содержат мелкие алмазы.

3. Надбазальтовые россыпи верхнего плиоцена располагаются на поверхности базальтовых покровов, заполнивших речные долины, реже эти реки прорезали базальтовые покровы и углубились в подстилающие их породы.

4. Аллювиальные россыпи плейстоценового возраста. Реки этого возраста совпадали с направлением рек более древнего возраста. Россыпи представлены террасовыми россыпями, располагающимися на разных высотах на склонах речных долин. Имеются также и русловые россыпи.

5. Россыпи современной речной сети приурочены к руслам и логам, размывающим более древние россыпи.

Штат Квинсленд. В этом штате находки алмазов известны в золотых россыпях рек Гилберт, Пальмер, впадающих в залив Карпентария, в сапфировых россыпях Анакие и в оловянных у Станторпа и около Беннибомб на р. Мари, впадающей в океан к северу от г. Брисбена. Размер алмазов 0,12—0,5 карата. Качество камней высокое. Они обычно прозрачные, слабоокрашенные с округлыми гранями, без трещин.

Штат Новый Южный Уэльс. В этом штате известно наибольшее число находок алмазов главным образом на Восточном плоскогорье, вытянутом вдоль побережья от границ Квинсленда через весь Новый Южный Уэльс до южной оконечности штата Виктория [Трофимов В. С., 1967; MacNevin A. A., 1977]. Восточное плоскогорье делится на северное, центральное и южное.

На северном плоскогорье в бассейне р. Гвидир имеются две алмазоносных площади; одна в районе Инверелла, а другая у г. Бингара. На первой площади установлено две полосы древних

и современных россыпей. Площадь на р. Гвидир протягивается по течению реки на 27 км. Имеются две системы древних рек — одни текли с юга, а другие — с запада. В концентратах россыпей встречены сапфир, топаз, гранат, циркон, турмалин, касситерит, яшмы, плеонаст и золото. Алмазы мелкие, ювелирные разности составляли только 5—10%. Древние россыпи различного возраста были перекрыты базальтами, а современные россыпи возникли за счет перемыва более древних.

Вторая полоса россыпей расположена северо-западнее г. Эммавиля и прослежена на 25 км при ширине 800 м. Мощность галечников изменяется от десятков сантиметров до 1,5 м. Местами содержание алмазов было высокое и достигало 5—10 каратов/м^3.

Вторая алмазоносная площадь (8 км^2) у г. Бингара приурочена к чашеобразной долине, расположенной на водоразделе р. Гвидир и ее притока р. Гортон. Первоначально эта долина была целиком выполнена алмазоносным аллювием; от которого в настоящее время сохранились лишь отдельные останцы, перекрытые базальтами.

Подбазальтовые россыпи обычно рыхлые, но местами сцементированы окислами железа. Мощность их 20 м, но алмазоносны лишь приплотиковые слои мощностью 1—3 м. В россыпях наблюдается несколько алмазоносных горизонтов, выклинивающихся по простиранию. Межбазальтовые россыпи сложены мелкозернистыми песками мощностью 30—35 м с тонкими прослойками глин. Современные россыпи произошли за счет размыва древних.

Алмазы площади Бингара мелкие, в среднем 0,2 карата, с округлыми гранями. Плоскогранных октаэдров только 1%. Соломенно-желтые камни составляют 50%, бесцветные 33%. Много обломков. За все время добыто 21 000 каратов, из них 5% ювелирных.

В центральной части плоскогорья алмазоносны бассейны рек верхнего и среднего течения рек Куджегонг, Пирамуль, Турон и других притоков рек Макуори и Лакчан. Известно две главные алмазоносные площади: наиболее крупная расположена по обоим берегам р. Куджегонг (от Виальдра до речки Риди), а вторая — Ту-мил-флетс в 30 км от Маджи.

На площади Куджегонг известны россыпи древних и современных речных систем, не совпадающих по направлению друг с другом. Здесь распространены древние подбазальтовые россыпи, залегающие на 25—45 м ниже уровня рек. Россыпи верхнемиоценового — среднеплиоценового возраста. Кроме того, имеются россыпи верхнеплиоценового и плейстоценового возраста, расположенные на поверхности базальтовых покровов. Современные россыпи приурочены к руслу и террасам существующих рек.

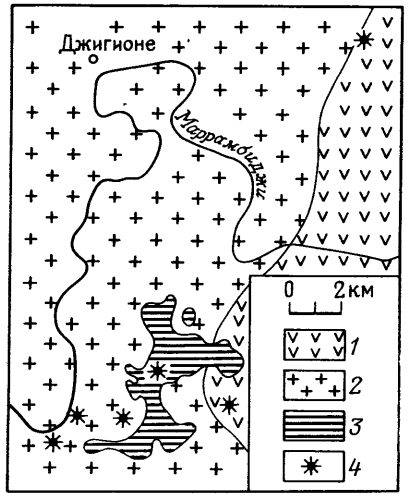

Рис. 78. Геологическая карта района находок кимберлитов в юго-восточной части Нового Южного Уэльса [Ferguson J. e. a., 1977].

1 — долериты; *2* — граниты; *3* — сланцы; *4* — конгломераты

Площадь Ту-мил-флетс размером 5,5×1,6 км приурочена к низине, центральная часть которой занята выходами диорита, которые огибала древняя река. После образования древних золотоносных галечников с алмазами произошло излияние базальтов, покрывших древние россыпи. Послебазальтовая речная сеть размыла бо́льшую часть базальтового покрова, при этом размывом были затронуты и подбазальтовые россыпи. В результате возникли более молодые галечники, расположенные выше уровня современной речной сети.

Алмазоносные подбазальтовые галечники сложены галькой кварцита, разноцветных кремней, обломками окремнелой древесины, агатом, халцедоном и яшмой. В тяжелых концентратах вместе с золотом и алмазами встречены разноцветные цирконы, плеонаст, рубин, топаз, берилл, ильменит, хромит и магнетит.

Алмазы в россыпях распространены весьма неравномерно. Средний размер их 0,25 карата. Из кристаллографических форм встречены октаэдры, додекаэдры, триоктаэдры и гексоктаэдры. Алмазы преимущественно бесцветные, окрашенных мало. Некоторые алмазы имеют включения. В Куджегонге добыто всего 3000 каратов технических алмазов.

В восточном плоскогорье алмазы встречены на его восточном склоне, в бассейне р. Шолхейвен, впадающей в океан южнее г. Сиднея. На этом плоскогорье обнаружены золотые россыпи, содержащие алмазы. Наиболее крупная россыпь Саутвен расположена в 11 км от Миттагонга. Мощность золотоносных галечников 6—15 м. Для россыпей восточного плоскогорья характерно отсутствие в их тяжелом шлихе турмалина.

В последние годы кимберлиты были обнаружены в юго-восточной части Нового Южного Уэльса (рис. 78). Эти кимберлиты прорывают породы Тасманийской складчатой системы, а местами и вулканические породы кайнозойского возраста [Ferguson J., Ellis D. J., 1977; Wellman P., McDougall I, 1974]. По изотопным данным возраст их четвертичный. Кимберлиты содержат многочисленные шпинель-лерцолитовые и гранат-лерцолитовые родственные включения. В одном из этих включений встречена ассоциация алюминиевая шпинель+гранат+ортопироксен+клинопироксен+оливин. Это первый случай находки перидотитового включения, в котором гранат и шпинель находятся в равновесии. Термодинамические условия его образования 1240° С и 22 кбара.

Алмазы Нового Южного Уэльса считаются наиболее твердыми и не всегда поддаются шлифовке, а поэтому употребляются как технические. Это объясняется наличием в алмазах Нового Южного Уэльса особых твердых «узлов», обусловленных дефектами их кристаллизации. Средний размер алмазов 0,2—0,3 карата. Наиболее крупный камень соломенно-желтого цвета весил 29 каратов (россыпь у подножья горы Уиронг). Наиболее распространенной формой является октаэдр, нередко с округлыми гранями, реже встречаются додекаэдры, триоктаэдры и гексоктаэдры. Двойников почти нет. На гранях кристаллов часто видны треугольные скульптуры. Преобладают бесцветные и желтоватые камни, но встречаются и зеленые, коричневые и даже черные. Ювелирных алмазов содержится не более 10—15%. Имеются сведения о находках двух кусков карбонадо. За все время эксплуатации в Новом Южном Уэльсе было добыто около 238 000 каратов алмазов.

Штат Виктория. В этом штате алмазы известны на южной оконечности восточного плоскогорья, в районах Бичворт и Мельбурн. Найдено несколько сотен алмазов размером до 6 каратов. Преобладают октаэдры с округлыми гранями бледно-желтого цвета, с зеленоватым и голубоватым оттенками.

Остров Тасмания. Алмазы найдены на западном береговом плоскогорье в золотых россыпях с осмистым иридием в бассейне р. Ниеман, приток р. Савагу. Всего найдено несколько десятков камней, средний размер алмазов 0,12 карата, преобладают желтоватые камни.

Коренной источник алмазов Восточно-Австралийской складчатой зоны неизвестен. Распространение алмазов в Австралии весьма напоминает таковое на Урале, коренной источник алмазов которого, по-видимому, находится или на самой Русской платформе или в отдельных ее блоках в пределах Предуральского прогиба.

Алмазы Австралии несколько отличаются от алмазов Урала размерами, кристаллическими формами и др., но схожи по цвету, округлости граней, слабому развитию двойников и пр.

Глава IX

ОТДЕЛЬНЫЕ НАХОДКИ АЛМАЗОВ В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ

В Западной Европе алмазных месторождений неизвестно, имеются лишь отдельные находки этого драгоценного камня.

Чехословакия. Имеются сведения о находке трех алмазов [Kourimsky Jiri, 1973; Копецкий Л., 1960].

Первый алмаз был найден в 1869 г. в окрестностях Тржебниц. Форма его неправильная, размеры 4,13×2,65 мм, масса 0,285 карата, цвет желтоватый. Алмаз известен под названием Длашковицкий.

Второй алмаз был найден в том же районе в 1927 г. Он был бесцветный и представлял собой комбинацию октаэдра с додекаэдром. Размер его 3,00×2,85×2,60 мм. Масса 0,115 карата.

Третий алмаз обнаружен в 1959 г. в Чешском Среднегорье южнее г. Старого на рч. Кузовской, притоке р. Охре. Более подробные данные отсутствуют.

Коренной источник чешских алмазов неизвестен. Возможно им являлись трубчатые тела типа Лингорки, однако это предположение не оправдалось, так как эти трубки оказались не кимберлитовыми, а базальтовыми с ксенолитами прорываемых ими залежей пироповых перидотитов, залегающих на глубине около 300 м от поверхности [Трофимов В. С., 1966 г.].

Великобритания. В XIX в. единичные мелкие алмазы были найдены в Шотландии в Креймаче вблизи Нью-Кумнок в пропластке угля, подвергшегося контактовому воздействию со стороны интрузии [Adamson G. F. S., 1971]. Мелкие алмазы были обнаружены на севере Шотландии в графстве Феремоне в Ульстере [Firsoff V. A., 1970]. Имеются находки алмазов также в Сетерленде, в 5 км северо-восточнее Бен-Хопе.

Франция. На востоке Франции, в пределах альпийского складчатого пояса, были найдены кимберлитовые породы [Mining Annual Review, 1971 г.]. Более подробные данные отсутствуют.

Испания. Находки алмазов в Испании в районе Карратрака в провинции Малага были известны начиная с 1870 г. В последние годы в связи с разведочными работами на никель и платину попутно были поставлены поиски на алмазы.

В Южной Испании в провинции Малага, в нескольких километрах от курорта Марбелле южноафриканским геологом, приглашенным в качестве консультанта по поискам хромитовых и никелевых месторождений, были найдены алмазы [Malaga diamonds..., 1970]. Им также были обнаружены алмазоносные кимберлиты (?). В результате проведенных работ были найдены технические камни, размер самого большого из них 0,76 карата. Согласно Дж. Агарду и другим, район находок алмазов сложен ультраосновными породами, представленными дунитами и гарцбургитами, в меньшем объеме лерцолитами и в незначительном — норитами и таббро. Все породы сильно серпентинизированы. Выходы ультраосновных пород с севера, юга и востока окаймлены гранатовыми гнейсами и слюдяными сланцами.

По данным этих исследователей, ручьи, берущие начало на склонах перидотитового массива Сьерра-де-Агуас, весьма порожистые и содержат алмазы. Особенно много алмазов было найдено на рч. Кальводе Онде. Все алмазы мелкие, размером 0,5—1 мм, прозрачные, иногда с небольшим желтоватым оттенком. Они представлены в основном ромбододекаэдрами и октаэдрами.

Находки алмазов в Испании и кимберлитов во Франции в областях развития альпинотипных гипербазитов, незначительный размер алмазов и другие признаки указывают, по-видимому, на то, что открытые алмазоносные породы не кимберлиты, а принадлежат к альпинотипным брекчиям, аналогичным брекчиям Армении и о. Калимантан, характерным для геосинклинальных областей.

Швеция. Кимберлитовые дайки, не содержащие алмазов, были обнаружены в Ально и Каликсе в северной части страны, а также в районе зал. Авике в 15 км от Ально [Söderstrom Lars, 1966; и др.]. В Лапландии были найдены алмазы хорошей расцветки, но сильно трещиноватые [Трофимов В. С., 1967]. Возможно, они испытали длительный перенос.

В связи с этой находкой необходимо вспомнить о мелких кристаллах алмазов, которые были обнаружены Велэном в 1891 г. среди песков, привезенных географом Рабо с р. Паз на границе с Норвегией [Ферсман А. Е. ,1920 г.]. Вместе с алмазами в песках присутствовали гранат, циркон, амфибол, глаукофан, дистен, корунд, рутил и др. В 1913 г. в этом районе работал С. Конради, который хотя и не нашел алмазы, но указал на существование ряда выходов оливиновых пород, состав и строение которых весьма напоминали кимберлиты Южной Африки. В 30—40-х годах этого столетия была произведена ревизия этой находки, но были получены отрицательные результаты.

Поскольку в настоящее время методика обнаружения мелких алмазов в коренных породах и россыпях значительно усовершенствована, желательно было бы еще раз провести ревизию находок алмазов на р. Паз в Лапландии, обратив особое внимание на развитые в бассейне этой реки оливиновые породы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе обобщен большой новый материал по алмазоносности зарубежных стран и сделан ряд новых, представляющих интерес выводов и заключений. Почти все промышленные месторождения алмазов расположены на древних платформах и щитах. До самого последнего времени, помимо платформенных алмазоносных площадей, выделялись и геосинклинальные. Так, в Северной Америке выделялись Аппалачская и Сиерра-Невадская геосинклинальные алмазоносные области. В связи с обнаружением многочисленных, правда слабоалмазоносных, кимберлитов на платформе в районах, прилегающих к этим геосинклинальным областям, указывается, что алмазы этих областей были, по-видимому, принесены с платформы.

Алмазы Уральской и Восточно-Австралийских геосинклинальных областей также, по-видимому, или принесены с Восточно-Европейской или Австралийской платформ или содержались в раздробленных блоках этих платформ, расположенных в Предуральском прогибе или в прогибе, отделяющем Австралийскую платформу от складчатой области Восточной Австралии, это подтверждается находкой кимберлитов на юге Нового Южного Уэльса, поскольку они встречаются лишь на платформах.

В пределах Тихоокеанского пояса мезо-кайнозойской складчатости выделялась Калимантанская провинция, алмазоносность которой связывалась с брекчиями альпинотипных гипербазитов. Находка кимберлитов в Бирме и аллювиальных алмазов в Таиланде позволяет предполагать, что алмазоносность Калимантанской провинции связана не с этими геосинклинальными брекчиями, а с раздробленными частями Южно-Китайской платформы, содержащими алмазные месторождения.

Проведенное обобщение материалов по алмазоносности геосинклинальных областей показало, что и в них имеются коренные алмазоносные породы типа брекчий альпинотипных гипербазитов (Армения, Калимантан и др.), значительно отличающиеся от кимберлитовых брекчий, с которыми часто пытаются без достаточных обоснований сопоставлять эти находки. В этих брекчиях алмазов размером более 0,2 карата не встречено.

Основным промышленным типом коренных месторождений алмазов являются кимберлиты. В результате проработки всего фактического материала по кимберлитам доказано, что кимберлитовые трубки взрыва представляют собой не что иное как вулканы ультраосновной магмы с щелочным уклоном со всеми свойственными ей особенностями. В промежуточных камерах вулканов, а также в подобных камерах кимберлитов существуют термодинамические условия, вполне достаточные для возникновения в них алмазов, а поэтому в этих камерах могут происходить, и по-видимому происходят, все те процессы, которые последователи мантийной гипотезы предполагают существующими лишь в верхней мантии.

Таким образом, коренные месторождения алмазов кимберлитового типа по существу являются магматогенными месторождениями небольших глубин, связанными с щелочно-ультраосновным вулканизмом, и не отличаются от подобных магматогенных месторождений никеля и меди. В промежуточных магматических камерах алмазы кристаллизуются из остаточных сильно флюидизированных и карбонатизированных расплавов. Для образования алмазов необходимы три основных условия:

1) чтобы породы содержали углерод, и в достаточном количестве. Этому требованию удовлетворяют в первую очередь ультраосновные породы, обычно содержащие наиболее высокие количества углерода;

2) чтобы существующие в момент образования пород термодинамические условия были достаточными для кристаллизации алмазов, т. е. температура была порядка 1200—1300° С, а давление 30—40 кбар;

3) чтобы обстановка, в которой образуются алмазы, обеспечивала бы свободный и в достаточном количестве приток атомов углерода к растущим кристаллам алмаза. Это осуществляется в том случае, когда алмазы кристаллизуются в сильно флюидизированных расплавах, обогащенных углеродсодержащими соединениями в присутствии сульфидов магматического происхождения.

Условия образования алмазов в породах хорошо фиксируются их структурами. С этих позиций наиболее благоприятны для возникновения алмазов породы с крупнопорфировой структурой. Поскольку алмазы кристаллизуются в остаточных расплавах, затвердевающих в форме основной массы кимберлитов, то изучение ее состава и минералогии возможно позволит отличать алмазоносные кимберлиты от неалмазоносных. С этих позиций существование крупнокристаллических алмазоносных перидотитов и эклогитов исключается. Поступление обломков подобных полнокристаллических пород из верхней мантии невозможно, как термодинамические условия, существующие в верхней мантии, обусловливают в ней процессы текучести пород в твердом состоянии, что сильно затрудняет образование их обломков, в том числе и обломков гипотетических алмазоносных перидотитов.

Имеющиеся фактические данные отрицают многослойное строение верхней мантии.

Кроме магматического генезиса алмазы могут образовываться и при процессах метаморфизма в эклогитовых породах, возникающих и в кимберлитовой магме в промежуточных камерах при процессе эклогитизации обломков вмещающих пород. Ме-

таморфогенное происхождение алмазов подтверждается находками мелких алмазов в метаморфических эклогитах Кокчетавского массива.

Находки мелких кристаллов алмаза в базальтовых вулканах геосинклинальных областей имеют, по-видимому, то же происхождение, что и в кимберлитах, но условия их возникновения в базальтах менее благоприятны, чем в кимберлитах, поскольку базальты обычно содержат меньше углерода в форме летучих соединений. На идентичное происхождение алмазов в базальтах и кимберлитах указывают находки однородных родственных включений ультраосновных пород как в тех, так и в других. Следовательно, благодаря усовершенствованию методики констатации и извлечения мелких алмазов из твердых пород, число находок мелких алмазов может значительно увеличиться, а количество типов алмазоносных пород возрастет.

В настоящей работе подведены итоги эксплуатационных работ на кимберлитовых трубках Южной Африки, производимых на больших глубинах (800—1000 м от поверхности земли). Эти работы дали очень много нового материала по форме, строению, вещественному составу, алмазоносности и т. д. кимберлитовых трубок взрыва. Эти данные указывают на необходимость некоторого изменения и усовершенствования существующей методики разведки кимберлитовых тел, особенно на глубоких горизонтах.

Наконец, остановимся на современном состоянии мировой (без СССР) добывающей промышленности и ее перспективах на будущее.

За последнее десятилетие мировая добыча алмазов 33,5—38,7 млн. карат в год. На первом месте по добыче стояла Африка, значительно ей уступали Южная Америка и Азия. В Африке на первом месте по добыче была Центральная Африка, за нею следовала Южная, Западная и Восточная. В Южной Америке первое место по добыче занимала Бразилия, затем Венесуэла и на последнем месте была Гайана. За все время мировой добычи алмазов (по 1 января 1977 г.) из недр земли было извлечено около 1250 млн. каратов алмазов, из них на долю Африки приходится 1180 млн. каратов.

Подсчитанные перспективные запасы отдельных континентов и стран составляют свыше 1500 млн. каратов, из которых на долю Африки приходится около 1400, Южной Америки 80 и Азии 20 млн. каратов.

Наиболее перспективны в отношении добычи алмазов в Центральной Африке Республика Заир, кимберлиты которой еще далеки от истощения и возможны находки алмазов на новых площадях, Ангола, где обнаружены богатые кимберлиты, к эксплуатации которых только приступлено, а также прибрежноморские, имеющие значительную протяженность, россыпи на побережье Атлантического океана, подобные россыпям Намибии.

В Южной Африке ведущая роль в добыче алмазов сохранится некоторое время за Южно-Африканской Республикой, в которой трубки Финш, Премьер, Коффифонтейн, а также некоторые жильные кимберлиты еще содержат значительные запасы алмазов. Несомненно возрастет добыча аллювиальных алмазов в Малом Намакваленде, еще мало исследованном, и в устье р. Оранжевой, где несомненно имеются крупные россыпи, погребенные под мощными образованиями песков. Учитывая открытие богатых кимберлитовых трубок в Ботсване, освоение которых только что началось, а также предположение о том, что в пустыне Калахари еще имеются неоткрытые, аналогичные Ботсване крупные и богатые кимберлитовые тела, в недалеком будущем Ботсвана может выйти на одно из первых мест по добыче алмазов в Южной Африке. Перспективы Западной и Восточной Африки довольно скромные, и резкое увеличение в них добычи алмазов маловероятно.

Что же касается перспектив увеличения добычи алмазов в Южной Америке, большой интерес представляет обнаружение в Бразилии большого количества кимберлитов, которые, учитывая богатство и широкое распространение на ее территории алмазных россыпей, могут также оказаться богатыми и содержащими крупные запасы алмазов. Перспективы увеличения добычи алмазов в Гайане и Венесуэле довольно скромные, и могут быть связаны в Венесуэле с открытием россыпей в джунглевой зоне, а в Гайане — в прибрежной зоне под «белыми» песками.

В Азии в Индии возможно некоторое увеличение добычи за счет разработки древних конгломератов систем Куддапа и Виндийской и открытия новых кимберлитовых трубок. В Индонезии увеличение добычи может быть связано с открытием россыпей в еще неосвоенных частях о. Калимантан. Перспективы Китайско-Корейской, Австралийской и Южно-Китайской платформ, благодаря их слабой изученности, неясны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимов А. П. Базификация и ассимиляция плагиогнейсов в кимберлитах.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1970, № 3.

Байдюк Б. В. Механические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. М., Гостоптехиздат, 1963.

Безруков Г. Н. Некоторые типоморфные особенности синтетических алмазов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 1.

Берч Ф. Физика земной коры.— В кн.: Земная кора. М., Изд-во иностр. лит., 1957.

Бобриевич А. П., Соболев В. С. Эклогитизация пироксеновых кристаллических сланцев архейского комплекса.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1957, ч. 86, вып. 1.

Бовенкерк Х. Некоторые исследования морфологии и физических характеристик искусственного алмаза.— В кн.: К. Свенсон Физика высоких давлений. М., Изд-во иностр. лит., 1963.

Васильев В. Г., Ковальский В. В., Черский Н. В. Происхождение алмазов. М., Недра, 1968.

Вдовыкин Г. П. Алмазы в метеоритах. М., Наука, 1970.

Вербицкая Н. П., Плотникова М. И. Региональные и локальные закономерности размещения экзогенных месторождений алмаза. ВСЕГЕИ, вып. 10, Л., Недра, 1971.

Верещагин Л. Ф., Шапочкин В. А. Влияние гидростатического давления на сопротивление сдвигу в твердых телах.— В кн.: Физика металлов и металловедение. 1966, т. 9, вып. 2.

Владимиров Б. М., Твердохлебов В. А., Колесникова Т. П. Геология и петрография изверженных пород юго-западной части Гвинейско-Либерийского щита. М., Наука, 1971.

Власов Г. М., Попков М. И. Проблема субвулканических интрузий и рудообразование.— В кн.: Минералогия, магматизм и оруденение Дальнего Востока. Владивосток, 1974.

Влодавец В. И. Вулканическая деятельность в цифрах и некоторые выводы.— В кн.: Гидродинамика, магмообразование, вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974.

Воларович М. П. Исследование физико-химических свойств горных пород при различных давлениях.— В кн.: Проблемы тектонофизики. М., Госгеолтехиздат, 1960.

Волохов И. М. Обломки основных и ультраосновных пород в базальтах и кимберлитах — родственные включения или ксенолиты пород верхней мантии.— Труды Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР, 1972, вып. 150.

Геология месторождений редких элементов Южной Америки/С. Е. Колотухина, Л. А. Григорьева, Л. И. Клаповская и др. М., Наука, 1968.

Горохов С. С. О возможности образования эклогитов из глин.— Докл. АН СССР, 1972, т. 206, № 4.

Дю-Тойт А. Л. Геология Южной Африки. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1957.

Елизарьев Ю. З., Забродин В. Е., Чиков Б. М. Докембрий Африки и Аравии.— Труды Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР, 1976, вып. 251.

Елисеев В. И. О перспективах алмазоносности Народной Республики Конго (Браззавиль).— Советская геология, 1971, № 6.

Ефимова Э. С., Соболев Н. В. Распространенность кристаллических включений в алмазах Якутии.— Докл. АН СССР, 1977, т. 237, № 6.

Жабин А. Г. Синнезис и дифференциация течения в магматических расплавах.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1971, № 5.

Кадик А. А. Оценка возможной роли гравитации при дифференциации магм.— В кн.: Химия земной коры. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Козлов И. Т. К геологии и петрографии кимберлитов Гвинеи.— Советская геология, 1966, № 6.

Колотухина С. Е., Клаповская Л. И., Рожанец А. В. Геология и экономика месторождений редких элементов Австралии. М., Наука, 1974.

Колотухина С. Е., Первухина А. Е., Рожанец А. В. Геология месторождений редких элементов Африки и их экономическое значение. М., Наука, 1964.

Копецкий Л. Об алмазоносности Чешского массива.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 12.

Крестин Е. М. Роль промежуточных магматических очагов в формировании медно-никелевых месторождений.— В кн.: Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых. Ташкент, ФАН УзбССР, 1975.

Кришнан М. С. Геология Индии и Бирмы. М., Изд-во иностр. лит., 1954.

Кришнан М. С. Стратиграфия докембрия Индии.— В кн.: Труды XXI Междунар. геол. конгресса, М., 1963, вып. 1.

Кухаренко А. А., Михайлов Б. М., Орлова М. Т. К минералогии кимберлитов Либерийского щита.— Советская геология, 1971, № 11.

Ким-Док-Сон, Ви-Мин-Хон. О кимберлитах, распространенных в районе Уичжон-Пакчхон. Чичжиль ква чири. 1972, т. 12, № 3.

Лазько Е. Е., Цепин А. И. Неоднородные сульфидные включения в первичных минералах кимберлитов Якутии.— В кн.: Неоднородность минералов и тонкие минеральные смеси. М., Наука, 1977.

Лутц Б. Г. Реакции эклогитизации в глубинных породах.— Геология рудных месторождений, 1965, № 5.

Лутц Б. Г., Петерсилье И. А., Каржавин В. К. Состав газообразных веществ в породах верхней мантии Земли.— Докл. АН СССР, 1976, т. 226, № 2.

Лучицкий И. В. Основы палеовулканологии. Т. 2. Древние вулканы. М., Наука, 1971.

Лучицкий И. В., Грошин В. И., Ушаков Г. Д. Эксперименты по деформации горных пород в обстановке высоких давлений и температур. Новосибирск, Наука, 1967.

Мархинин Е. К., Алыпова О. М., Никитина И. Б. Изучение состояния вулканов Ключевской группы и вулкана Шевелуч в 1960 г.— Бюлл. вулканол. станции, 1962, № 32.

Меняйлов А. А. Туфы и кимберлиты Сибирской платформы и их происхождение. Труды Якут. фил. СО АН СССР. Сер. геол., № 10, М., Изд-во АН СССР, 1962.

Метелкина М. П., Прокопчук Б. И. Докембрийские алмазоносные формации мира. М., Недра, 1975.

Метелкина М. П., Суходольская О. В. Алмазоносные формации Индостанской платформы.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1976, № 7.

Милашев В. А. Физико-химические условия образования кимберлитов. Л., Недра, 1972.

Милашев В. А. Кимберлитовые провинции.— Труды НИИГА, 1974, т. 176.

Молчанова В. А. Экспериментальные исследования физико-химических условий минералообразования в кимберлитах. Автореф. канд. дисс. М., Изд-во МГУ, 1973.

Муратов М. В. Сравнительная тектоника фундамента древних платформ и история их формирования.— Изв. Высш. учеб. завед. Геол. и разв., 1966, № 3.

Некрасов И. Я., Горбачев Н. С. О возможном механизме образования кимберлитов.— Докл. АН СССР, 1978, т. 240, № 1.

Орлов Ю. Л. Морфология алмаза. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. М., Наука, 1973.

Основы тектоники Китая. М., Недра, 1962.

Полканов Ю. А. К проблеме космогенных алмазов в земных осадках. Астрономический циркуляр, 1972, № 698.

Ритман А. Вулканы и их деятельность. М., Мир, 1964.

Ружицкий В. О., Скульский В. Д. Месторождения алмазов Африки. Сер. Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. М., изд. ВИЭМС, 1971.
Сарсадских Н. Н. Региональные и локальные закономерности размещения эндогенных месторождений алмазов.— Труды ВСЕГЕИ, 1973, вып. 3.
Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1965.
Соболев В. С. Условия образования месторождений алмаза.— Геология и геофизика, 1960, № 1.
Соболев Н. В. Исследования по проблеме состава верхней мантии.— Геология и геофизика, 1977, № 11.
Страхов Л. Г. Тектонические условия образования трубок взрыва на Сибирской платформе.— В кн.: Глубинные разломы Восточной Сибири и их металлогеническое значение. М., Наука, 1970.
Трофимов В. С. Углеродсодержащие перидотиты района с. Калгачиха Архангельской области.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1940, № 6.
Трофимов В. С. О величине алмазов.— Природа, 1944, № 5—6.
Трофимов В. С. Основные закономерности размещения и образования алмазных месторождений на древних платформах и в геосинклинальных областях. М., Недра, 1967.
Трофимов В. С. Форма, размеры и состав кимберлитовых тел.— Советская геология, 1968, № 11.
Трофимов В. С. Крупнейшая мировая алмазоносная площадь Бакванга в Республике Конго (Киншаса). М., изд. ВИЭМС, 1969, сер. 1.
Трофимов В. С. О двух разновидностях россыпей полезных ископаемых прибрежно-морского происхождения.— Литология и полезные ископаемые, 1971_1, № 6.
Трофимов В. С. Особенности строения некоторых зарубежных кимберлитовых трубок взрыва.— Разведка и охрана недр, 1972_2, № 1.
Трофимов В. С. Роль промежуточных магматических камер в образовании кимберлитов и алмазов.— Геология рудных месторождений, 1978, № 5.
Францессон Е. В. Петрология кимберлитов. М., Недра, 1968.
Францессон Е. В., Каминский Ф. В. Карбонадо — разновидность алмаза некимберлитового происхождения.— Докл. АН СССР, 1974, т. 219, № 1.
Харькив А. Д. Кимберлитовые жилы, сопряженные с трубками, как самостоятельная фаза кимберлитового магматизма.— Докл. АН СССР, 1975, т. 224, № 1.
Хашелишвили Г. В. Сравнение морфологических особенностей искусственных и природных алмазов. Тезисы Совещ. по геологии алмазных месторождений. Пермь, 1966.
Хоутон С. Г. Африка южнее Сахары. М., Мир, 1966.
Adamson G. F. S. The Gemstone of Scotland. — Min. and Miner. Eng., 1971, vol. 7, N 7.
Allsopp H. L., Barrett D. R. Rb-Sr age determination on South African kimberlite pipes. — Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 40.
Baldock J. W., Hepworth J. V., Marengwa B. S. Gold, Base Metals and Diamonds in Botswana. — Econ. Geol., 1976, vol. 71, N 1.
Bannister M. A. Appendix the Crystal form of Diamonds from Gold Coast. Gold Coast Geol. Surv. Bull. 12, 1943.
Bardet M. G. Gisements du Diamants d'Afrique. Geologie du diamant. Bureau de recherches geologiques et miniers. Memoires, 1974, vol. 2, N 83.
Berthoumieux C. Les mines en Republique Centra Africain. Inds. et trav. outremer, 1961, N 87.
Bonney T. G. The parent rock of diamond in South Africa. — Geol. Mag. 1899, vol. 6.
Bosh J. L. The petrology of some kimberlite occurrences in Barkly West District, Cape Province. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1971, vol. 74, N 2.
Bracewell S. The geology and mineral resources of British Guiana. — Bull. of the Imp. Inst., 1947, vol. 45, N 1.
Brookins D. G. The kimberlites of Riley County, Kansas. Kansas Geol. Surv. 1970, Bull. vol. 200.

Brummer I. I. Diamonds in Canada. — Bull Canad. Min. à Metal., 1978, vol. 71, N 198.
Burmese diamonds. Min. Jour. 1971, vol. 276, N 7087.
Cahen L. Donnees nouvelles concernant la geologie. et la geomorphologie du Kasai Oriental et l'origine du diamant. — Bull. Soc. Geol. Belge, 1951, t. 14, N 4, 5, 6.
Carter J. D. Diamond exploration in Western Australia. — Geol. Surv. West. Austr. Annu. Rt., 1973.
Casanova R. Etude mineralogique d'un lot de diamants appartenant a la Societe Waston et provenant de la region de Bobi CDM to discentinue offshore diamond mining in South-West Africa Min. and Eng. Journ., 1971, vol. 172, N 5.
Chattopadhyay P. B., Venkataraman K. Petrography and petrochemistry of the kimberlite and associated volcanic rocks of Jungey valley district Mersapur U. P. India. — Journ. Geol. Soc. India, 1977, vol. 18, N 12.
Clement C. R. The emplacement of some diatreme facies kimberlites. Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 5.
Colchester D. M. A preliminary note on kimberlite occurrence in South Australia. — Journ of Geol. Soc. of Australia, 1972, vol. 19.
A comparative trace element study of diamond from Premier, Finsch and Jagersfontein mines. South Africa. Physics and Chemistry of Earth. 1974, vol. 9, N 52. Auth.: H. W. Fesq, D. M. Bobby, C. S. Frasmus e. a.
Cornelissen A. R., Verwoerd W. J. The Bushmenland kimberlites and related Rocks. Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 7.
Cosson J. Notise esplicative sur les feuilles Pointe—Noire et Brazzaville carte geologique de reconnaissance a l'echele de 1 : 500 000. Paris, 1955.
Crockett R. N., Mason R. Foci of mantle disturbance in Southern Africa and their economic significance. — Econ. Geol. 1968, vol. 63, N 3.
D'Andrimont. Note sur une visite aux pipes diamantiferos des monts Kundelungu (Katanga). Ann. Soc. Geol. Belg. Publ. cong., vol. 11, 1912—1913.
Davidson C. F. The so—called „cognate xenoliths" of kimberlite. Ultra mafic and related rocks. Ch. 10—IY. Ed. P. J. Wyllie, New York and London, 1967.
Dawson J. B. The structural setting of African kimberlite magmatism. In African magmatism and tectonics. Edinburgh, 1970.
Dawson J. B., Hawthorne J. B. Magmatic sedimentation and carbonatitic differentiation in kimberlite sills at Benfontein, South Africa. — Journ. Geol. Soc. London, 1973, vol. 129.
Dawson J. B., Reid A. M. A pyroxene ilmenite intergrowth from Monastery Mine. South Africa. Contr. Miner. a Petrol., 1970, vol. 26, N 4.
Dawson J. B., Smith J. V. Occurrence of diamond in a mica-garnet lherzolite from kimberlite. — Nature, 1975, vol. 254.
De Kun N. The Mineral Resources of Africa. Elsevier Publ. Comp., 1965.
Dixey F. The Physiography of Sierra-Leone. — Geogr. Journ., 1922, vol. 9.
Dixey F. The geology of Sierra-Leone. — Quart Journ. Geol. Soc. London, 1925, vol. 81.
Draper T. The origin and distribution of diamond in Brasil. — Gems and Gemology, 1950, vol. 6, N 10.
Du Toit A. L. The Williamson diamond Mine. — Min. and Quarry Eng., 1959, N 3—5.
Dutt N. V. Ancient diamond mining in Andhra and its future. — Indian Minerals, 1953, vol. 7, N 3.
Edwards C. B., Howkins J. B. Kimberlites in Tanganyika with special referenc to the Mwadui occurrence. — Econ. Geol., 1966, vol. 61.
Emeleus C. H., Andrews J. R. Mineralogy of kimberlite dyke and sheet intrusion and included peridotite xenolith from South-West Greenland. — Physics and Chemistry of the Earth, 1974, vol. 9.
Escher A., Watterson J. Kimberlites and associated rocks in the Holsteinborg—Sondre Stromfjord region central West Greenland. Rapp. Gronlands Geol. Unders, 1973, vol. 55.

Fairbairn W. S. Diamond in Venezuela. — Min. Mag., 1971, vol. 125, N 4.
Fesq H. W., Koble J. D., Gurney J. J. Aspects of the geochemistry of kimberlites from the Premier Mine and other selected South African occurrences with particular reference to the Rare Earth Elements. — Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 45.
Ferguson J., Ellis D. J. England. Unique spinel—garnet lherzolite inclusion in kimberlite from Australia — Journ. Geology, 1977, vol. 5, N 5.
Fieremans C. Origine et repartition de la mineralisation diamantiferes au Kasai accidental (Congo) et dans le Nord Est de la Lunda. — Bull. Soc. Belg. de geologie, 1961, t. 70, N 2.
Fieremans C. Contribution a 18 etude petrografique de la Breche kimberlitique de Bakwanga. Mem. de l'Inst. Geol. de l'univer. de Louvaen, 1966, t. 24, Fasc. 1.
Fieremans C. Het voorkomen van diamant landsheen de Kwango river in Angola en Zaire. Acad. Royal. Scien. d'Outre—Mer, 1977 vol. 21, N 5. Bruxelies.
Firsoff V. A. Where to find gems in Britain. Sci Journ., 1970, vol. 6, N 11.
Freire de Andrade C. On the discovery of a kimberlite type of igneous Rock in the diamondiferous fields of Lunda. Cong. Geol. Inter. Fas 21, 1954.
Frick C. The geology, mineralogy and petrology of the Premier Mine kimberlite pipe. — Physics and Chemistry of the Earth, 1974_1, vol. 9.
Frick C. Ten kimberlites from Pofadder Namaqualand, South Africa. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1974_2, vol. 77, N 1.
Furon R. Les progres de la geologique et miniere en Afrique Partugaise. — Chron. mines colon. 1955, vol. 23, N 223.
Giardini A. A., Tydings J. E. Diamond synthesis observations on the mechanism of formation. — Amer. Mineral., 1962, vol. 47, N 11—12.
Gittins J., Hewens R. H., Laurin A. F. Kimberlitic—carbonatitic dikes of the Sagyenay River valley, Quebec, Canada. Phys. and Chem. of the Earth, 1975, vol. 9.
Gong Pu. Some experiences in prospecting for certain diamond deposits (China). Acta Geologica Sinica, 1975, N 2.
Grantham D. R., Allen J. B. Kimberlite in Sierra-Leone. — Overseas Geol. Min. Rev., 1960, vol. 8, N 1.
Grawford A. R., Compston W. The age of the Vindhyan system of Peninsular India. Quart. Journ. of Geol. Soc. of London, 1970, vol 125, N 499.
Grawford A. R., Compston W. The age of the Cuddapah and Kurnool systems in Southern India. — Journ. Geol. Soc. Australia, 1973, vol. 19, N 4.
Green D. K., Ringwood A. E. The genesis of basalt magmas at high pressures. — Nature, 1964, N 4926.
Gregory M. The geology and mineralisation of Minas Gerais. Brazil Trans. Royal. Geol. Soc. of Cornwall, 1948, vol. 17.
Griggs D. T. Deformation of rocks under high confining pressures. — Journ. Geology, 1936, vol. 44, N 5.
Guide of the Ferst Field Excursion of the International Conference on Kimberlites RSA 1973/C. R. Clement, J. B. Dawson, G. J. Gernger e. a. Ferst Intern. Conference, 1973.
Gunarotne H. S. The discovery of diamond from Ceylon. — Spolia Zeylonica, 1965, vol. 30, N 2.
Gunn C. B. A Descriptive Catalogy of the Drift Diamonds of the Great Lakes Region. North America. — Gems and Gemology, 1968, vol. 12, N 10.
Gurney J. J., Switzer G. S. The discovery of garnets closely related to diamond in the Finsch pipe. South Africa. Contr. Miner. and Petrol. 1973, vol. 39, N 2.
Harris J. F. Summary of the geology Tanganyika. Pt. IV. — Econ. Geol. 1961, N 1.
Harris J. W. Black material on mineral inclusions and internal planes in diamond. Contr. Miner. and Petrol., 1972, vol. 35, N 1.
Hawthorne J. B. Kimberlite sills. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1968, vol. 2, N 3.

Hodgen R. W. Mining the desert foreshore in South-West Africa. — Optima, 1974, vol. 24 (2).
Hoen. Mededeeling over an vondst van diamanten in de Siaboerivier ten Zaiden van Banguinan (Midden Sumatra). De Mijning Bandoeng, 1931, vol. 12.
Hothem G. L. Arkansas crater of diamonds. — Gems and Miner., 1974, N 441.
Inclusions in diamond. garnet iherzolite and eclogite assemblages/M. Prinz, D. V. Mansen, P. F. Hlava, K. Klaus. — Phys. and Chem. of the Earth, 1975, vol. 9, N 51.
Janse A. J. A. Kimberlite and Related Rocks from the Nama Plateau of South-West Africa. — Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 8.
Jensen K. D. Vorkommen and genesis der Zentral Indischen diamanten N. Jahrb. Mineral. Monatsh., 1957, Hf. 3.
Junner N. R. Notes on other diamond deposits in West Africa. — Bull. Geol. Surv. Gold Coast, 1943_1, N 12.
Junner N. R. The diamond deposits of the Gold Coast. Gold Coast Geol. Surv., 1943_2, N 12.
Kaneoka I., Aoki K. Ar/Ar Analyses of fhlogopite nodules and phlogopite bearing peridotites in South African kimberlites. Earth and Planetary Science Letters, 1978, vol. 40.
Kerr P. F., Graf D. L., Ball S. N. Carbonado from Venezuela. — Amer. Miner., 1948, vol. 33.
Keyser U. The occurrences of diamonds along the Coast between the Orange river estuary and the Port Nolloth Reserve. Rep. of S. Afr. Depart. of Mines, 1972, Bull. 54.
Knopf D. Les kimberlites et les rockes apparenties de Cote d'Ivoire. Sodame, Abidjan, 1970.
Kooten C. van. Eerste anderzoek op diamant Rosebel—Sabanpassie, Surinam. — Geol. Mijnbouwk. Dienst. Med, 1958, N 11.
Kourimsky Jiri. O Vyskytu daimantu v Cechoch. Sb. Nar. muz. Praze, 1973 (1976), N 3—5.
Large diamond deposits found in Chill. — Diamond News and S. A. Jeweller, 1970, vol. 33, N 4.
Langford R. E., Melton C. E., Giardini A. A. Diamond growth by sulfide reduction of CO_2. — Nature, 1974, vol. 249, N 5458.
Lee H. A., Lowrence D. E. A new occurrence of kimberlite in Gauthier Township, Ontario. — Geol. Surv. of Canada. Paper, 1968, N 22.
Leuria B. Notes on the Geology of the Lofa River South of Wea Sua with a comment on diamond dispersal and recovery. Chron. Mines of Recher. Min., 1968, N 377.
Leuria B., Stracke K. J. Diamonds and their occurrence in Liberia. — Bull. Geol. Soc. Liberia, 1966, vol. 1, N 1.
Maciel Pedro. Brazil. — Mining Ann. Rev., 1973, July.
MacNevin A. A. Diamonds in New South Wales. Depart. of Mines Geol. Surv. of NSW, Australia, 1977.
Malaga diamonds discovered, Canadian Companies prospect. — World Min., 1970, vol. 23, N 3.
Marvier L. Sur la presence des kimberlites dans la partie occidentale du Soudan Francais. In Intern. Geol. Cong. 20th. Mexico, 1958.
Marx P. G. Pyrrhotite and the origin diamonds. — Miner. Mag., 1972, vol. 21, N 297.
Marx P. G. Pyrrhotite and the origin of terrestrial diamonds. Min. Mag., 1972, vol. 38, N 297.
Mathur S. M. Geology of the Panna diamond deposits. Rec. Geol. Surv. India, 1962, vol. 87.
Matsushima S. On the strengh distribution of the Earth's crust and the upper mantle and the distribution of the great earthquakes with depth. Desaster. Prevention Reserch Inst. Kyoto Univ., 1961, Bull. 43.
Maziarek S. El Diamante en Venezuela. Caracas, 1975.

McCallum M. E., Eggler D. H. Diamonds in upper mantle peridotite nodule from kimberlite in Southern Wyoming. Science, 1976, vol. 192, N 4236.
McCallum M. E., Eggler D. H., Burnes L. K. Kimberlitic diatremes in Northern Colorado and Southern Wyoming. — Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9.
McCallum M. E., Mabarak C. D. Diamond in kimberlitic diatremes of Northern Colorado. — Geology, 1976, vol. 4.
McGetchin T. R., Nikhanj Y. S. Carbonatite-kimberlite relation in the Cane valley diatreme San-Juan country. Utah. — Journ. of Geophys. Recherch, 1973, vol. 78, N 11.
McGetchin T. R., Silver L. T. Compositional relations in minerals from kimberlite and related rocks in the Moses Rock dike. San Juan Country Utah. — Amer. Miner., 1970, vol. 53, N 9—10.
Melton C. E., Giardini A. A. The composition and sighificance of gas released from natural diamonds from Africa an Brazil. — Amer. Miner., 1971, vol. 59, N 7—8.
Meyer H. O. A. Kimberlites of the Continental United States: A review. — Journ. of Geology, 1976, vol. 84, N 4.
Meyer H. O. A., Boyd F. R. Composition and origin of crystalline inclusions in natural diamonds. Geochim of Cosmoch. — Acta, 1972, vol. 36, N 11.
Meyer de Stadelhopen C. Les kimberlites de Bakwanga (Congo ex belge). Chron. Min. Rech. Min., 1961, N 237.
Mining Annual Review, London, 1969—1978.
Mining development in Nigeria. — Min. Journ., 1934, vol. 180, N 5176.
Mitchell R. H. Kimberlite from Somerset island district of Franklin. Canad. Jour. of Earth Sci., 1973, vol. 10, N 3.
Nicolini P. Les terrasses diamantiferes du Congo a Brazzaville. Chron. des mines et de la Rech. miniere, 1961, N 303.
Nixon P. H. Lesotho kimberlites. 1973_1, Lesotho Nation. Develop. Corp.
Nixon P. H. Kimberlitic Volcanoes in East Africa. Inst. Geol. Sci. overseas Geol. and Mines Resources, 1973_2, N 41.
O'Hara M. J., Mercy E. L. P. Petrology and petrogenesis of some garnetiferous peridotites. — Trans. Royal. Soc. Edinb., 1963, N 65.
Oppenheim V. Diamonds in the northeastern Bolivia Andes. — Econ. Geol., 1947, vol. 38, N 8.
Paul D. K., Potts P. J. Rare-earth abudances in kimberlites from Greenland and Zambia. — Chem. Geology, 1976, N 18.
Paul D. K., Rex D. C., Harris P. G. Chemical characteristies and K-Ar ages of Indian Kimberlite. — Geol. Soc. of Amer. Bull., 1975, vol. 86, N 3.
Peruvian diamond deposits. — Min. Journ., 1966, vol. 266, N 6819.
Pollard E. R. Diamond resources and their development in Britisch Guiana. Carebean Geol. Conf., 1958, Rep. 1.
Pollard E. R., Dixon C. G., Dujardin R. Diamond Resources of British Guiana. — Brit. Guiana Geol. Surv., 1957, Bull. 28.
Pollet J. D. The Geology and mineral resurces of Sierra-Leone. — Colon. Geol. min. Res., 1951, vol. 2, N 1.
Priem H. N., Boelryk N. A., Hebeda E. H. Age of Precambrian Roraima formation in north-eastern South America. — Geol. Soc. of Amer., 1973, Bull. 5, vol. 84.
Raman C. V. The diamonds of the Krishna valley. Current Sci., 1969, vol. 37, N 19.
Real F. Intrusoes kimberliticas da Lunda. Serv. Geol. de Portugal, 1959, mem. 5.
Real F. A. A study of some gold mine diamonds. — Amer. Miner. 1969, vol. 59, N 1—2.
Reece A. W. Explanation of the geology of Sheet 76 (Buhwezu). Rep. geol. surv. Uganda, 1961, N 4.
Ried A. R., Bisque R. E. Stratigraphy of diamond—bearing Roraima group Estado Bolivar Venezuela. Quart. of the Colorado School of mines, 1975, vol. 70, N 1.

Reis B. Consideraçoes sobre a aplicasao de metodos de prospecçao a geofisica pesquisa de estruturas quimberliticas no Nordeste de Lunda. Bol. Angola Serv. Geol. e Minas, 1968, N 14.
Reuning E. Der Ursprung der Kustendiamanten Sud und Sud West Afrikas. Neues Jhrb. f. Min. Geol. u Palaont. Stuttgart, 1931, vol. 64.
Rickwood P. C., Morna Mathias. Diamondiferous eclogite xenoliths in kimberlite. Lithos, 1970, N 3.
Robinson D. N. Magnetite—Serpentine—Calcite Dykes at Premier Mine and aspects of their relationship to Eimberlite and to Carbonatite of Alkalic Carbonatite Complexes. — Physics and Chemistry of the Earth, 1975, vol. 9, N 6.
Ruotsala A. P. Alteration of the Finsch kimberlite Pipe, South Africa. — Econ. Geol., 1975, vol. 70, N 3.
Satyanarayane P., Phadtare P. N. Piperock or kimberlites of Waira-Karur area, Anantapur district, Andhra Pradesh. Indian Minerals, 1965, vol. 19, N 4.
Schoenberger J. M. K. Diamond exploration between the Suriname and Saramacea rivers (N. E. Suriname). Geol. Mijnbouwk Dienst Suriname Meded, 1975, vol. 23.
Schonberger H. Possible origin of diamonds in the Guiana Schield, Comment. Geology (Geol. Soc. America), 1974, vol. 2, N 10.
Sharp W. E. Pyrrhotite, a common inclusions in South African diamonds. — Nature, 1966, vol. 211.
Skinner R. G. Prospecting for diamonds in Northern Ontario a saggestion. Geol. Surv. Canada, 1973, Paper N 1, pt. A.
Söderstrom Lars. The kimberlites of Avike Bay, on the Bothnian Coast of Sweden. Geologiska foreningens Forhandlinger, 1966, vol. 88, N 526.
Stockley G. M. The Geology and Mineral resources of Tanganyika Territory. — Bull. Imp. Inst., London, 1947, vol. 19, N 4.
Svisero D. P., Meyer H. O. A. Hsiao-Meng Tsei. Kimberlite minerals from Vargem (Minas Gerais) and Redondso (Piaui) diatremes Brazil. and garnet lherzolite xenolith from Redondso diatreme. Rev. Bras. Geosiencias, 1977, vol. 7, N 1.
Swann G. A., Schmitt H. H. Preliminary geologic studies of the Buell Park kimberlite Pipe Northeastern Arizona. Trans. Amer. Geophys. Union, 1968, vol. 49.
The geology of the tinbelt in Peninsular Thailand around Phuket. Phangnga and Takua Pa/M. S. Garson, B. Y. Fimm, M. A. Mitchell, A. R. Toit. Overseas memuar, 1975, N 1.
Tolansky S. Graphitized natural diamonds. Diamond Research, 1968.
Towne B. W. Exploiting kimberlite fissures in the Western Transvaal. S. A. Mina Eng. Journ., 1965. July 2.
Trace elements in diamond from the Premier. Finsch and Jagers fontein and their petrogenetic significance. Nat. Inst. Metallurgy. Raport N 1636. 1975. H. W. Feşq, D. M. Bobby, C. S. Frasmus e. a.
Trueb L. C. de Wys. Carbon from Ubangui—a microstructural study. — Amer. Miner., 1971, vol. 56, N 7—8.
Van Bemmelen R. W. The geology of Indonesia, 1949, vol. 1—2.
Varne R. The growth of the Moroto Volcano. Eastern Uganda. — Bull. Volcan., 1968, vol. 31.
Verhoogen J. Les pipes de kimberlite du Katanga. Ann. Serv. Mines Katanga, 1940, vol. 9.
Wagner P. A. Petrographical notes on the kimberlite occurrence in the Pretoria district. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1912, vol. 14.
Wagner P. A. The diamond deposits on the coast of Little Namaqualand. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1928, vol. 31.
Wagner P. A. The diamond fields of South Africa. C. Struck (Pty) Ltd Cape Town, 1971.
Wang K. P. Rich mineral resources spur Communist China's bid for industrial power. Min. trade Notes (supplement n 59), 1960, vol. 50

Wasilevsky J. Note preliminaire sur les gisements de breche kimberlitique de Bakwanga (Kasai Congo belge). Congr. du Comete Special du Katanga Elisabethville, 1950.
Weeks L. G. Paleogeography of South America. — Bull. Geol. Soc. of America, 1948, vol. 50, N 3.
Wellman P., McDougall I. Potassium Argon ages on the Cainozoic volcanic rocks of New South Wales. — Journ. Geol. Soc. Australia, 1974, vol. 21.
Whiteman A. J. The geology of the Sudan Republic. Clarendon Press, 1971, Oxford.
Williams A. F. The genesis of the diamond. Vol. 1, 2. London, 1932.
Wright J. A. Gully pattern and development in wave cut bed rock shelves north of the Orange River mouth. — Trans. Geol. Soc. S. Afr., 1964, vol. 62.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Акимов А. П. 37

Байдюк Б. В. 28
Бартошинский З. В 7
Безруков Г. Н. 8
Берч Ф. 28
Благулькина В. А. 25
Бобриевич А. П. 28
Бовенкерк Х. 8
Борукаев Ч. Б. 46

Васильев В. Г. 30
Вдовыкин Г. П. 38
Вербицкая Н. П. 39
Верещагин Л. Ф. 28
Вест В. Д. 253
Ви Мин Хон 268, 269
Власов Г. М. 24
Владимиров Б. М. 53
Влодавец В. И. 24
Воларович М. П. 28
Волохов И. М. 14, 27, 28, 29

Гизольф В. Ф. 34
Гневушев М. А. 7
Горохов С. С. 29
Горбачев Н. С. 32
Грошин В. И. 28

Дю-Тойт А. Л. 118, 139

Елизарьев Ю. З. 45, 46, 85, 112
Елисеев В. И. 87, 88
Ефимова Э. С. 13

Жабин А. Г. 28

Кадик А. А 24
Каминский Ф. В. 8
Ким Док Сон 268, 269
Ковальский В. В. 27
Козлов И. Т. 50
Колотухина С. Е. 45, 230, 279
Копецкий Л. 287
Крестин Е. М. 32
Кришнан М. С. 252
Кухаренко А. А. 50

Лазько Е. Е. 14
Лутц Б. Г. 12, 28
Лучицкий И. В. 23, 28

Мархинин Е. К. 23
Меняйлов А. А. 23
Метелкина М. П. 9, 253
Милашев В. А. 3, 25, 26, 31, 49
Михайлов Б. М. 50
Михаэль Р. У. 222
Молчанов В. А. 28
Муратов М. В. 97, 267, 271, 279, 280

Некрасов И. Я. 32
Нель Л. Т. 140

Орлов Ю. Л. 6

Плотникова М. И. 39
Полканов Ю. А. 38
Попков М. И. 24
Прокопчук Б. И. 9
Путц Б. Г. 28

Ритман А. 24
Ружицкий В. О. 66

Сарсадских Н. Н. 15, 27
Скульский В. Д. 66
Смирнов В. И. 32
Соболев В. С. 27, 28
Соболев Н. В. 13, 28, 31, 32
Страхов Л. Г. 24
Суходольская О. В. 253

Трофимов В. С. 10, 15, 16, 27, 30, 31, 32, 33, 35, 39, 43, 94, 101, 279, 283, 287, 288

Ушаков Г. Л. 28

Ферсман А. Е. 288
Францессон Е. В. 8

Хашелишвили Г. В. 8
Хоутон С. Г. 190

Цепин А. И. 14

Шапочкин В. А. 28

Adamson G. F. S. 287
Allen J. B. 63
Allsopp H. L. 28, 151
Andrews J. R. 199, 200
Aoki K. 28

Baldock J. W. 187
Bannister M. A. 79
Bardet M. G. 3, 23, 48, 62, 69, 72, 84, 85, 86, 87, 90, 98, 133, 154, 182, 185
Barrett D. R. 32, 151
Berthoumieux C. 90
Bemmelen R. W. van 33, 274
Bisque R. E. 219
Bonney T. G. 37
Bosh J. L. 165
Boyd F. R. 12
Bracewell S. 226
Brookins D. G. 213

Brummer I. I. 202, 203
Bruton E. 10

Cahen L. 93
Casanova R. 69
Carter J. D. 281
Choubert B. 85
Chattopadhyay P. B. 256
Clement C. R. 16
Colchester D. M. 281, 282
Compston W. 258, 261
Cornelissen A. R. 172
Cosson I. 87
Crockett R. N. 138

D'Andrimont S. 94, 106
Davidson C. F. 27, 28
Dawson J. B. 13, 27, 114, 116, 118, 147, 178
De Kun N. 90, 114, 181
Delany F. M. 90
Delorme J. 90
Dixey F. 57, 59
Du Toit A. L. 118, 139
Draper T. 230, 232
Dutt N. V. 260

Edwards C. B. 114, 117
Eggler D. H. 212, 213
Ellis D. J. 285
Emeleus C. H. 199, 200
Escher A. 198

Fairbairn W. S. 220, 222
Ferguson J. 285
Furon R. 93
Fesq H. W. 25, 132
Fieremans C. 93, 105
Firsoff V. A. 287
Freire de Andrade C. 93
Frick C. 132, 172

Giardini A. A. 9, 12, 27
Gittins J. 205
Gong Pu. 272
Grantham D. R. 63
Grawford A. R. 258, 261
Gregory M. 236
Green D. K. 24
Griggs D. T. 28
Gunarotne H. S. 266
Gunn C. B. 209
Gurney J J. 163

Harris J. F. 114
Harris J. W. 14
Harris P. G. 265
Hawthorne J. B. 13, 114, 161
Hodgen R. W. 181
Hoen 273
Hothem C. L. 215
Howkins J. B. 114, 117
Hoyt J. H. 169

Janse A. J. A. 183, 184, 186
Jensen K. D. 260
Junner N. R. 59, 75, 79

Kaneoka I. 28
Kerr P. F. 222
Keyser U. 174
Kleinjan L. 150
Knopf D. 66, 69, 70, 71
Kooten C. van 228
Kourimsky Jiri 287

Langford R. E. 26
Lee H. A. 205
Leuria B. 72
Lowrence D. E. 205

Mabarak C. D. 212
Maciel P. 231
MacNevin A. A. 283
Marvier L. 48
Marx P. G. 26
Mason R. 138
Mathur S. M. 253, 255
Matson D. V. 12
Matsushima S. 28
Maziarek S. 220, 221
McCallum M. E. 212, 213
McGetchin T. R. 210, 211
McDougall I. 285
Melton C. E. 12
Mercy E. L. P. 24
Meyer H. O. A. 12, 27, 207, 246
Meyer de Stadelhopen C. 94, 101
Mitchell R. H. 202.

Nandi S. C. 256
Nicolini P. 87, 89
Nikhanj V. S. 211
Nixon P. H. 23, 113, 114, 148, 149, 174, 176, 177, 178

O'Xara M. J. 24

Paul D. K. 190, 265
Phadtare P. N. 264
Pollard E. R. 222, 224
Pollett J. D. 57
Potts P. J. 190
Priem H. N. 228
Prinz M. 12
Puri S. N. 255

Raman C. V. 263
Real F. A. 93, 100, 139
Reece A. W. 114
Reid A. M. 147
Reis B. 93
Reuning E. 168, 174
Rickwood P. C. 12, 37
Ried A. R. 219
Ringwood A. E. 24
Robinson D. N. 133
Roques M. 47
Routsala A. P. 163

Satyanarayana P. 264
Schmitt H. H. 211
Schonberger H. 220
Schoenberger I. M. K. 228
Sharma K. C. 255
Sharp W. E. 14
Silver L. T. 210
Skinner R. G. 209
Smith I. V. 178
Soderstrom L. 288
Stockley G M. 114
Stracke K. J. 72
Svisero D. P. 231, 246, 247
Swann G. A. 211
Switzer G. S. 163

Tolansky C. 136

Towne B. W. 137
Tydings J. E. 9, 27

Varne R. 113
Venkataraman K. 256
Verhoogen J. 94, 106, 107
Verwoerd W. J. 172

Wagner P. A. 132, 174
Wang K. P. 270
Wasilevsky J. 94, 101
Watterson J. 198
Weeks L. G. 222
Wellman P. 285
Williams A. F. 13
Whiteman A. J. 93
Wright J. A. 181

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава I. **Общие сведения** 5

Глава II. **Алмазоносность Африканской платформы** 45

Алмазные месторождения Западной Африки 45
Алмазные месторождения Центральной Африки 81
Алмазные месторождения Восточной Африки 112
Алмазные месторождения Южной Африки 124
Находки алмазов в Северной Африке и Кувейте 195

Глава III. **Алмазоносность Северо-Американской платформы** . . . 197

Алмазоносность Гренландского щита 197
Алмазоносность Канадского щита 201
Алмазоносность собственно Северо-Американской платформы . . 205

Глава IV. **Алмазоносность Южно-Американской платформы** . . . 218
Алмазоносность Гвианского щита 218
Алмазоносность Бразильского щита 228

Глава V. **Алмазоносность Индийской платформы** 252

Глава VI. **Алмазоносность Китайско-Корейской платформы** . . . 267

Алмазоносность Ляодунского щита 269
Алмазоносность Шаньдунского щита 269

Глава VII. **Алмазоносность Южно-Китайской платформы и ее южного обрамления** 271

Глава VIII. **Алмазоносность Австралийской платформы** 278

Австралийская платформа 278
Восточно-Австралийская складчатая зона 282

Глава IX. **Отдельные находки алмазов в Западной Европе** . . . 286

Заключение 288

Список литературы 292

Именной указатель 301

Владимир Сергеевич Трофимов

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ

Редактор издательства *Т. В. Колошина*
Художественный редактор *Е. Л. Юрковская*
Корректор *Г. Г. Большова*
Переплет художника *И. М. Пучкова*
Технический редактор *Л. Н. Шиманова*

ИБ № 1644

Сдано в набор 18.10.79. Подписано в печать 28.05 80. Т-08090. Формат 60×90 1/16. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл п л. 19,0. Уч.-изд. л. 21,03. Тираж 2250 экз. Заказ 652/6514—4. Цена 3 р. 50 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»