

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ МОРСКИХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ НАМИБИИ

И. И. Шмаков, Е. Н. Божко

Прибрежно-морские алмазные россыпи Намибии известны с 1908 г. Начиная с этого времени, добыча полезного компонента вдоль береговой линии Атлантики велась сначала из прибрежных террас выше современного уровня океана, а затем и на подводных морских отложениях внутреннего шельфа. Россыпи являются источником высококачественных алмазов. Источники россыпей дискуссионны, но, как правило, доминируют два взгляда на проблему — в качестве источника называют меловые трубки внутренних районов ЮАР или тиллиты серии двайка.

*Ключевые слова:* алмазы, алмазный берег, прибрежно-морской, пустыня Намиб, Намибия, россыпь, река Оранжевая.

Прибрежно-морские алмазные россыпи Намибии известны с 1908 г. Начиная с этого времени, добыча полезного компонента вдоль береговой линии Атлантики велась сначала из прибрежных террас выше современного уровня океана, а затем и на подводных морских отложениях внутреннего шельфа. Максимальный потенциал россыпей Намибии оценивается в 1,5 миллиарда карат, из которых почти двести миллионов карат было извлечено за почти вековую историю алмазной добычи на западном побережье Южной Африки [1].

Несмотря на многолетнюю историю поисков, разведки и эксплуатации россыпей провинции, сравнительно малое количество отечественных публикаций доступно для широкого круга исследователей, которые содержали бы данные о качественных и количественных характеристиках этих уникальных алмазных россыпей. Настоящая статья имеет обзорный характер, частично восполняя этот пробел. Данные, использованные в статье, почерпнуты из литературных источников, информация которых была критически апробирована авторами в ходе их работы над разведкой подводных россыпей Намибии, а также на основании собственных наблюдений. Данной статьей планируется открыть цикл материалов по прибрежно-морским россыпям юго-западного побережья Атлантики, базой для которых служит огромный и уникальный авторский материал.

Более чем 1500-километровая полоса вдоль западного побережья Южной Африки от залива St. Helena Bay в Южной Африке (около 200 км севернее Cape Town) до залива Conception Bay (около 200 км южнее залива Walvis Bay) в Намибии широко известна как *алмазный берег* (рис. 1). Постоянный перемыв морских и наземных отложений в течение четвертичного ледниковых и межледнико-

вых колебаний уровня океана амплитудой более 100 м сформировал экономически значимые концентрации тяжелых минералов, включая алмазы [2; 3].

*Алмазный берег* обязан своим происхождением присутствию мощной дельты реки Оранжевой, отложения которой были систематически перемыты направленными на север течениями при воздействии ветра, дующего с южных румбов [4]. Подавляющее большинство кристаллов *алмазного берега* было добыто на 300-километровом участке побережья Намибии севернее устья реки Оранжевой. Изучение распределения среднего веса алмазов ясно показывает постепенное уменьшение размеров алмазов на север вдоль побережья от устья реки Оранжевой (рис. 2) [5; 6]. В то же время данные, полученные для алмазов из наземных, а также подводных пляжей и террас, дают представление о том, что алмазоносные отложения развиты на различных уровнях и, следовательно, имеют разный возраст и различные концентрации алмазов [7]. Это подразумевает сложный механизм перераспределения алмазов, когда в результате трансгрессий и регрессий океана алмазы из более древних отложений были перемыты в молодые осадки, которые обогащались новыми порциями алмазов из Оранжевой реки [7; 8].

В результате локальных и региональных процессов сортировки, длившихся в течение последних 80 млн лет, алмазы были широко, но очень неравномерно распределены вдоль побережья. Такой длительный временной промежуток и разнообразнейшие геологические факторы, участвовавшие в процессе, способствовали высокой степени сортировки алмазов. Формирование россыпей произошло вследствие аллювиального выноса алмазов из центральных районов материка на побережье, а также под действием прибрежно-морских и эоловых процессов, перераспределявших и

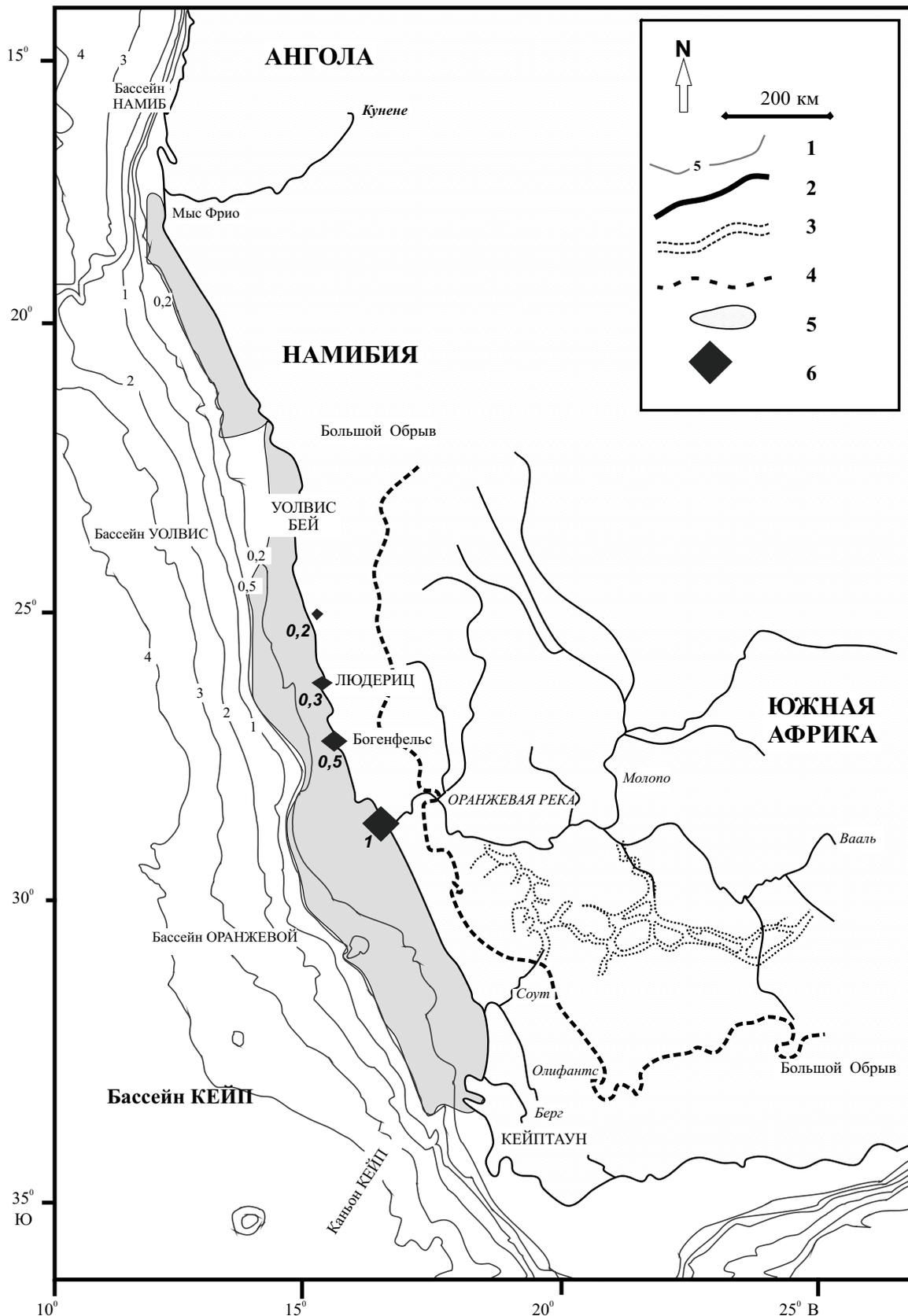


Рис. 1. Обобщенная карта западного побережья Южной Африки (обобщенные данные из Dingle, 1983; De Wit, 1999): 1 — глубины (изобаты в километрах); 2 — главные реки; 3 — палеоречные каналы; 4 — Большой Обрыв; 5 — предполагаемые контуры продолжения подводных россыпей алмазов; 6 — средние размеры алмазов (караты на камень)

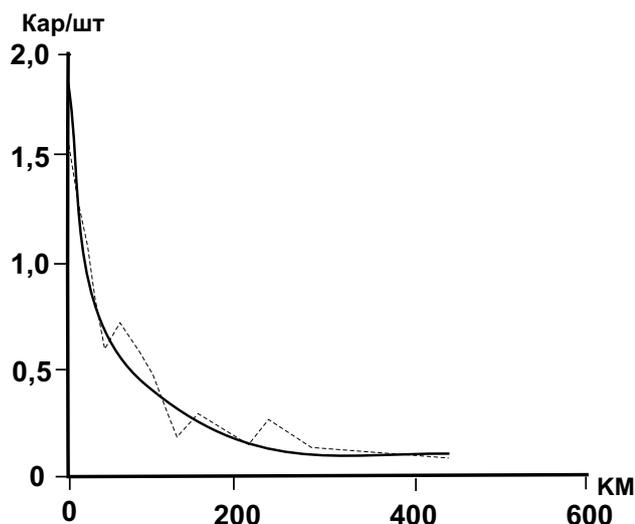


Рис. 2. Кривая распределения среднего веса алмазов от устья реки Оранжевой на расстояние 400 километров на север (Sutherland, 1982)

концентрировавших алмазы на побережье. В результате этих длительно действующих, агрессивных факторов, влиявших на алмазы в ходе их перемещения, дефектные, поликристаллические и трещиноватые кристаллы были разрушены, в то время как наиболее высококачественные выдержали такую природную сортировку, что является причиной очень высокого качества извлекаемых из намибийских россыпей алмазов.

### ИСТОЧНИКИ АЛМАЗОВ МОРСКИХ РОССЫПЕЙ

Начиная с первых исследований и по настоящее время доминируют два основных взгляда на источники алмазов морских россыпей побережья Намибии. Первый предполагает в качестве первоисточников промежуточные коллектора: позднекаменноугольно-пермские тиллиты серии Dwyka и (или) кембрий-ордовикские ледниковые и флювиальные отложения [8; 9]. Алмазы, высвобождаясь из означенных отложений, в третичное время переносились на запад палеоречными системами. В соответствии со второй гипотезой алмазы морских россыпей происходят из кимберлитовых трубок, в основном мелового возраста, образовавшихся во внутренней части Южной Африки. Трубки были эродированы экзогенными процессами в ходе мощного континентального поднятия, алмазы снесены речными системами на побережье [3]. Каждая из этих точек зрения подтверждена серьезными обоснованиями. Однако представляется, что прямой размыв алмазов из многочисленных меловых ким-

берлитовых трубок формирует большинство алмазоносных морских россыпей.

Тиллиты свиты Dwyka, а также другие ледниковые и флювиальные отложения кембрий-ордовикского возраста (серии Gariep, Table Mountain и Nama). Часть содержащих алмазы диатрем имеют достаточно древний возраст (Kuguman — 1650 млн лет; Premier — 1450 млн лет; трубки группы Venetia — 553 млн лет), при этом некоторые трубки высокоалмазоносны. Принимая во внимание сильную денудацию этих трубок, предполагается, что при срезе порядка 1500 м только трубки Premier и Venetia могли высвободить до 150 млн карат алмазов каждая [4]. Этот огромный объем алмазов был перераспределен в осадочных породах чехла, преимущественно сосредоточившись на нижних горизонтах тиллитов серии Dwyka. Необходимо отметить, что сходные по возрасту и генезису алмазоносные образования серии Itarage широко развиты в Бразилии [10]. В период максимального оледенения ледниковые языки двигались вдоль основных долин на запад, транспортируя рыхлые осадки в районы, пространственно соседствующие с современным южноафриканским побережьем Атлантики (рис. 3). При последующем интенсивном развитии меловых кор выветривания, химическом разрушении тиллитов и активного поднятия территории в третичное время алмазы транспортировались в дренажную систему рек и сносились к существовавшим уровням океана [4; 9].

Распространено устойчивое мнение, что основная масса кристаллов привносилась в морские россыпи рекой Оранжевой. Свидетельство тому, в том числе, — средний вес кристаллов, прогрессивно уменьшающийся от почти 1 карата в устье реки Оранжевой до 0,1–0,2 карата в районе Meob Bay и Conception Bay [6]. Это коррелируется с мнением, что алмазы поступали из Оранжевой реки, с последующим распределением вдольбереговыми течениями на север. Отметим, что севернее, до устья реки Ugab, россыпи не известны.

Алмазоносные морские террасы вновь фиксируются еще северней, сразу за дельтой реки Ugab, протягиваясь до реки Kunene. Средний вес алмазов в этих террасах колеблется от 0,25 до 0,4 карат — это достаточно высокий показатель для столь дальнего распределения от устья Оранжевой реки [6].

Помимо этого, на северном и центральном побережье Намибии вблизи устьев рек Kaukausib, Koichab и Nuab извлекаются камни в 3–16 карат без следов длительного износа (наблюдения авторов), что также противоречит взгляду о длительном

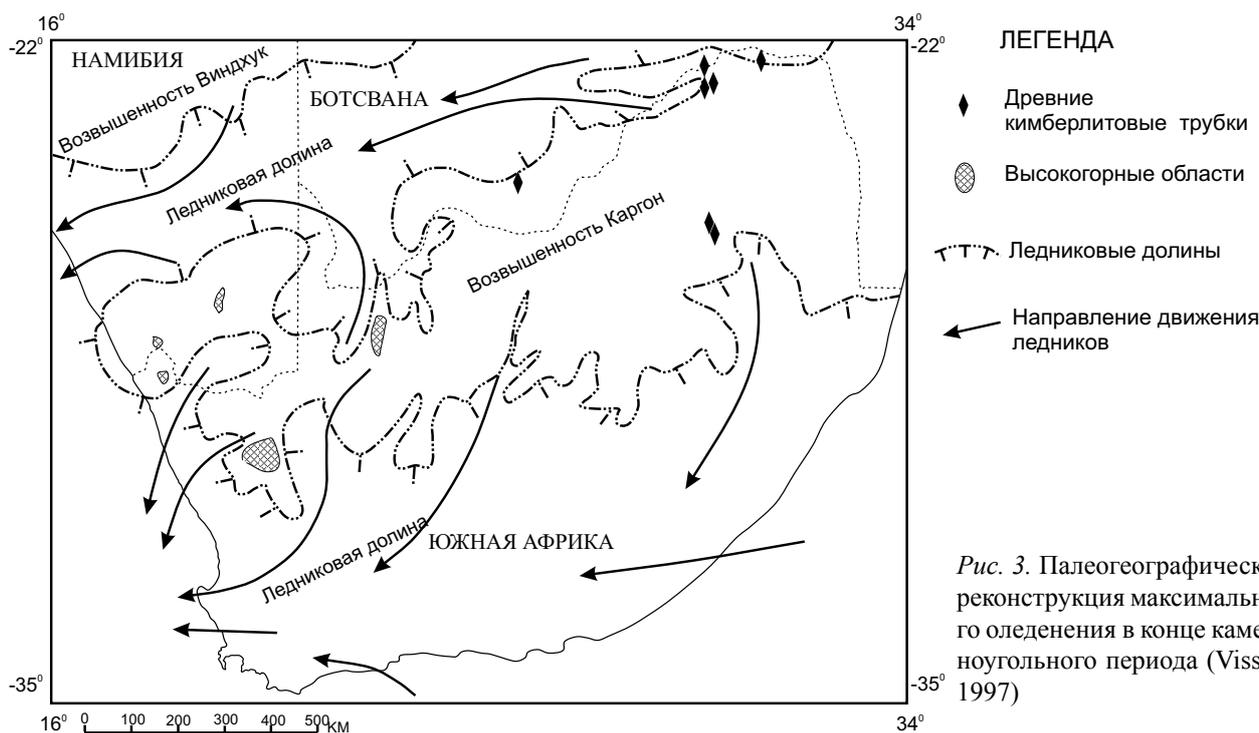


Рис. 3. Палеогеографическая реконструкция максимального оледенения в конце каменноугольного периода (Visser, 1997)

вдольбереговом транзите. В то же время такое распределение алмазов в северных и центральных морских россыпях побережья легко объяснимо распространением ледниковых отложений во внутренних прибрежных районах. Отсутствие алмазных россыпей в зоне от залива Meob Bay до реки Ugab отвечает положению палеовозвышенности Windhoek, свободной от тиллитов Dwyka. Мощные ледниковые отложения на север от этой возвышенности питали дренажные системы рек Nuab, Noanib, Noagusib и Kunene, которые в свою очередь поставляли алмазы в морские террасовые россыпи. Других источников алмазов, помимо тиллитов серии Dwyka, здесь до сих пор не найдено [8].

Кимберлитовые трубки мелового возраста широко распространены на площади, дренирующей речными системами Южной Атлантики. Подавляющее большинство кимберлитовых тел внутренних частей Южной Африки, расположенных в пределах кратонов Капвааль и Калахари (в частности, район Кимберли) имеют меловой возраст от 65 до 120 млн лет. Эрозионный срез для трубок различного возраста оценивается по-разному, достигая 700–1500 м. Естественно, что при таком уровне среза из кимберлитовых пород было высвобождено значительное количество алмазов [1]. С момента раскола Гондваны начала формироваться речная система, транспортировавшая разрушенный материал в сторону современного морского побережья. Предполагается, что в меловое

время существовали две главных речные системы с реками, текущими на запад. Одна палеорека Karoo River впадала в Атлантический океан через современное устье реки Olifants River; вторая палеорека Kalahari River достигала побережье в районе нынешнего устья реки Оранжевой (рис. 4). За счет асимметричного тектонического поднятия восточной и южной частей Южной Африки в миоцене и плиоцене произошел перехват верховий палеореки Karoo River бассейном палеореки Kalahari River [11]. Таким образом, сформировалась современная речная система западного побережья Южной Африки.

#### ФАКТОРЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ И КОНЦЕНТРАЦИИ АЛМАЗОВ

При естественной полигенности любого природного процесса формирование прибрежно-морских россыпей Намибии происходило под влиянием трех доминирующих, устойчивых во времени факторов: прибрежно-морской транспортировки, дефляционных процессов и флювиального переноса. С момента раскола Гондваны прибрежная зона побережья Намибии находится под воздействием мощного холодного течения, которое, начинаясь у мыса Доброй Надежды, несет свои воды на север. Помимо этого постоянного фактора, для этой территории характерны сильные ветра южных и южно-западных румбов, направленные субпараллельно морскому течению. На фоне в целом аридного

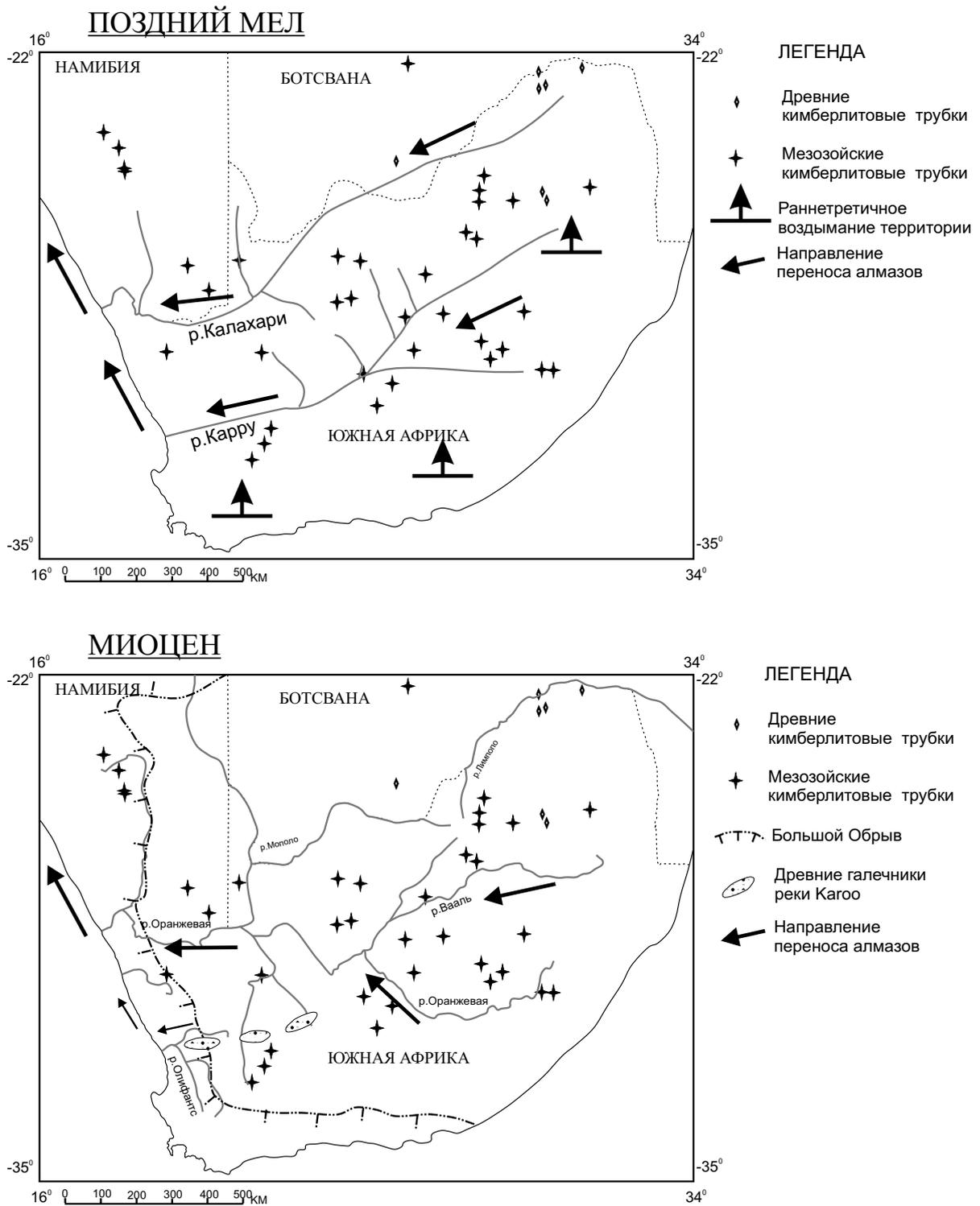


Рис. 4. Эволюция речной сети Юго-Западной Африки (De Wit, 1993)

климата раз в несколько лет здесь случаются катастрофические ливневые дожди, которые превращают каналы сухих рек в бурные потоки. Эти реки выносят в виде селевых потоков огромные массы осадочного материала к уровню базиса эрозии, то

есть к побережью Атлантики. Циклическое повторение этих процессов сформировало гигантскую природную «обоганительную фабрику», которая сконцентрировала алмазы в благоприятных геоморфологических ловушках.

Прибрежно-морская транспортировка, по нашему мнению, является основным фактором переноса полезного компонента вдоль побережья и формирования вдольбереговых россыпей.

Континентальный шельф западного побережья Африки простирается на 230 км вглубь океана и достигает 500-метровой глубины ниже современного уровня. На шельфовом склоне выделяются три региональных единицы: внутренний, средний и внешний шельфы. Границы между внутренним и средним проводятся по глубинным отметкам 100–110 м. Именно эта внутренняя часть шельфа и представляет интерес с позиции формирования россыпей.

Аридный климат, сменивший тропический 11–14 млн лет назад, уверенно датируется с момента установления холодного, направленного от Антарктиды к экватору течения Benguela [11]. Это течение несет свои воды вдоль западного побережья Южной Африки по направлению к экватору со средней скоростью 17 см/с, которой недостаточно, чтобы влиять на распределение алмазов в пределах внутреннего шельфа. Приливно-отливные течения также вряд ли играют существенную роль в эволюции морских россыпей, так как приливы не превышают 2 метров. Перемещение обломочного материала вдоль побережья осуществляется главным образом прибрежными течениями, кото-

рые образуются под влиянием мощной деятельности волн, набегающих с юго-западного направления вдоль субмеридионально ориентированного побережья. Современные условия вблизи берега в районе Alexander Bay (устье реки Оранжевой) отражают модальный волновой период почти 14 секунд для волн юго-юго-западного направления, иногда достигая 20 секунд в зимнее время. Такие условия волновой деятельности достаточны для перераспределения грубообломочного материала. Считается, что влияние этого процесса сказывается на глубине до 30 метров ниже уровня океана. Но, как представляется, в наибольшей степени волноприбойный процесс сказывается на передвижении грубообломочного материала (и алмазов) в пределах именно прибрежной зоны, то есть практически ограничен приливно-отливной полосой.

Тектонические движения и сменявшие друг друга наступления и таяния ледниковых покровов Северного полушария приводили к колебаниям уровня океана и развитию серии морских террас вдоль побережья на отметках от 300 метров ниже и 500 выше относительно современного уровня океана (рис. 5).

Уровни древних террас, развивавшихся в период трансгрессии, хорошо распознаются на разных глубинах внутреннего континентального шельфа, по данным батиметрии, в виде пологих площадок.

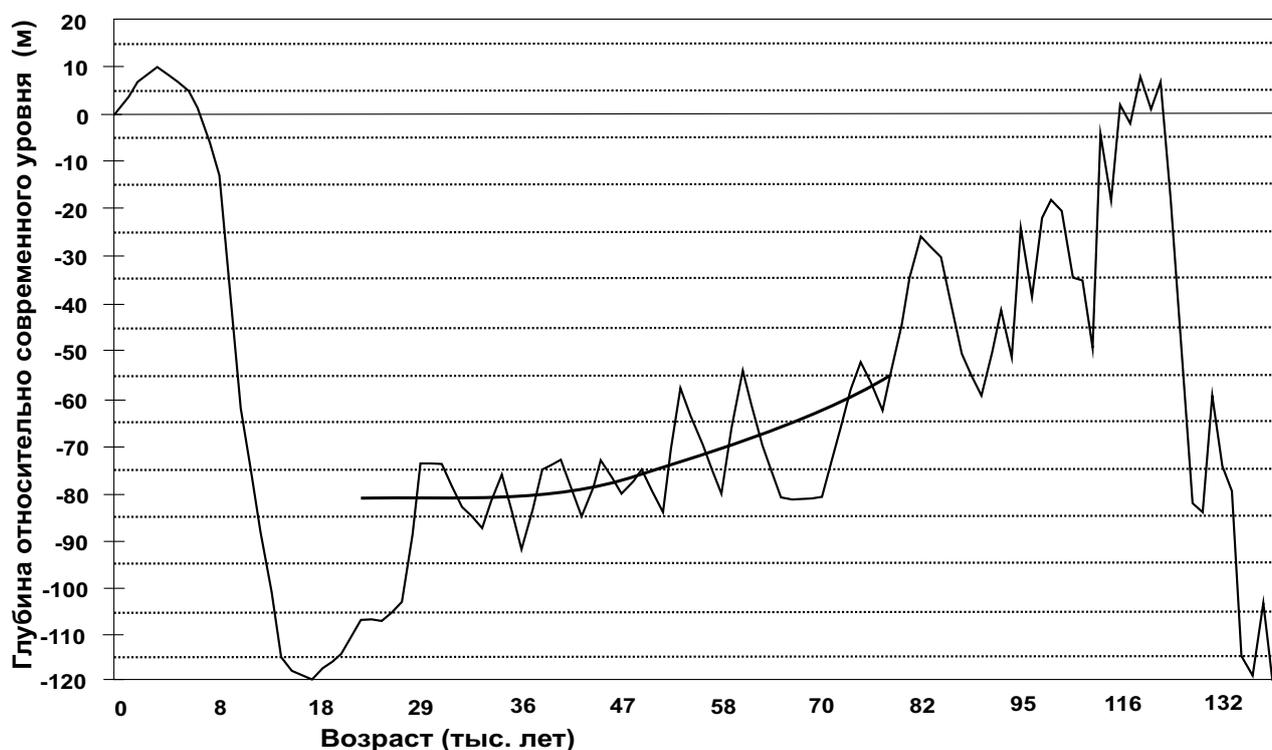


Рис. 5. Кривая стояния уровней океана для западного побережья Южной Африки (Compton, 2004; Shackelton, 1987; Chapell и др. 1996)

В целом, для региона определяются подводные террасовые уровни на глубинах в пределах 20–25 м, 30–35 м, 40–45 м, 50–55 м, 65–70 м, 75–80 м, 85–90 м, 90–100 м, 100–105 м [3]. Также уровни древнего положения побережья океана отмечаются на глубинах 125–155 и 185–190 м. В то же время вдоль побережья наблюдаются незначительные колебания абсолютных отметок одновозрастных палеопляжей, даже на достаточно коротких расстояниях, что может быть связано с неотектоникой.

Для всей совокупности алмазов побережья Намибии можно выделить популяцию предположительно морской транспортировки. Популяция алмазов из морских россыпей характеризуется хорошей сортировкой, относительно высоким средним весом камней (для центральных районов побережья Намибии более 0,4 карат на камень) и их ювелирным качеством. Агрессивные условия волноприбойной природной «мельницы» разрушили все хрупкие и слабоустойчивые кристаллы алмаза. Микроалмазы, дефектные и трещиноватые камни полностью отсутствуют здесь. Подавляющее большинство алмазов представлено округлыми додекаэдрами, плоскогранные октаэдры относительно редки и встречаются в основном в крупных классах. На поверхности алмазов наблюдаются кольцевые и дисковидные трещины выкрашивания, отбитые вершины и ребра, а также абразивная матировка на ребрах и гранях. Такие признаки свидетельствуют об агрессивных гидродинамических условиях прибрежно-морской транспортировки. Эти же процессы практически уничтожили минералы-спутники алмазов: лишь единичные, окатанные практически до шариков зерна граната и хризоберилла были отмечены здесь.

В то же время здесь отмечаются гальки устойчивых пород, которые имеют такую же гидродинамическую плотность, как алмазы, и, таким образом, являются его гидродинамическими спутниками. Они представлены гальками и гравием ярко окрашенных агатов, яшм, джаспероидов и полосчатых железистых кварцитов (Banded Iron Formation), а также эпидотизированных пород. Гальки сильно окатаны и несут на себе следы ударов в виде многочисленных дисковидных трещин.

Эоловые процессы оказали существенное влияние при концентрации алмазов на отдельных участках прибрежных россыпей Намибии. В результате ветровых процессов были сформированы алмазные россыпи с аномально высокими содержаниями на днищах дефляционных ванн [2]. Показательным примером таких россыпей служит

легендарная россыпь Идатель между Chameis Bay и Luderitz Bay (рис. 6), где в начале XX века алмазы собирались вручную прямо с поверхности в ночное время, когда они выделялись своим блеском в лунном свете [12].

Пустыня Namib, в которой и происходит дефляционное обогащение алмазов, вытянулась вдоль побережья Атлантики от реки Оранжевая до реки Kunene на границе с Анголой. Образование пустыни связано с устойчивым южным ветром, дующим вдоль побережья. Внутри неё выделяются несколько районов. Песчаное море Namib простирается севернее широкого дефляционного бассейна, начинающегося за Chameis Bay. Этот бассейн представляет собой резко расчлененную поверхность, состоящую из хребтов и впадин, которые совпадают с субмеридиональной ориентировкой разнокомпетентных пород докембрийского фундамента. Песчаное море Namib простирается от Luderitz до Walvis Bay, за которым начинается менее обширное Песчаное море Kunene, покрывающее пространство от Cape Fria до внутренних районов Анголы [2].

Протопустыня Namib уже существовала около 40 млн лет назад. Не исключено, что пустынные условия сформировались и в более ранние этапы третичного времени [13]. Неогеновый этап развития территории характеризуется относительно влажным климатом. Это привело к возрастанию роли ливневых потоков при перемещении значительных масс рыхлых осадков из внутренних районов Южной Африки. Затем, в конце третичного периода и по настоящее время, пустынные условия здесь установились вновь.

Дефляционные концентрации алмазов имеют существенное значение в общем балансе россыпей для южных и центральных частей побережья Намибии между Chameis Bay и Walvis Bay, а также для северного района от Cape Fria до реки Kunene. Концентрация россыпей, связанных с ветровыми процессами, происходит в «основном» дефляционном поясе шириной до 15 км. Он включает в себя дефляционные ванны и депрессии глубиной до 120 м, врезанные в сланцевый и гнейсовый докембрийский фундамент. Депрессии параллельны направлениям господствующих южных и юго-восточных ветров.

Скорость южных и юго-восточных ветров в среднем составляет 50–60 км/ч, а с октября по март может достигать 80–90 км/ч. При благоприятной морфологии образуется ветровой «коридор» с весьма активными динамическими условиями.

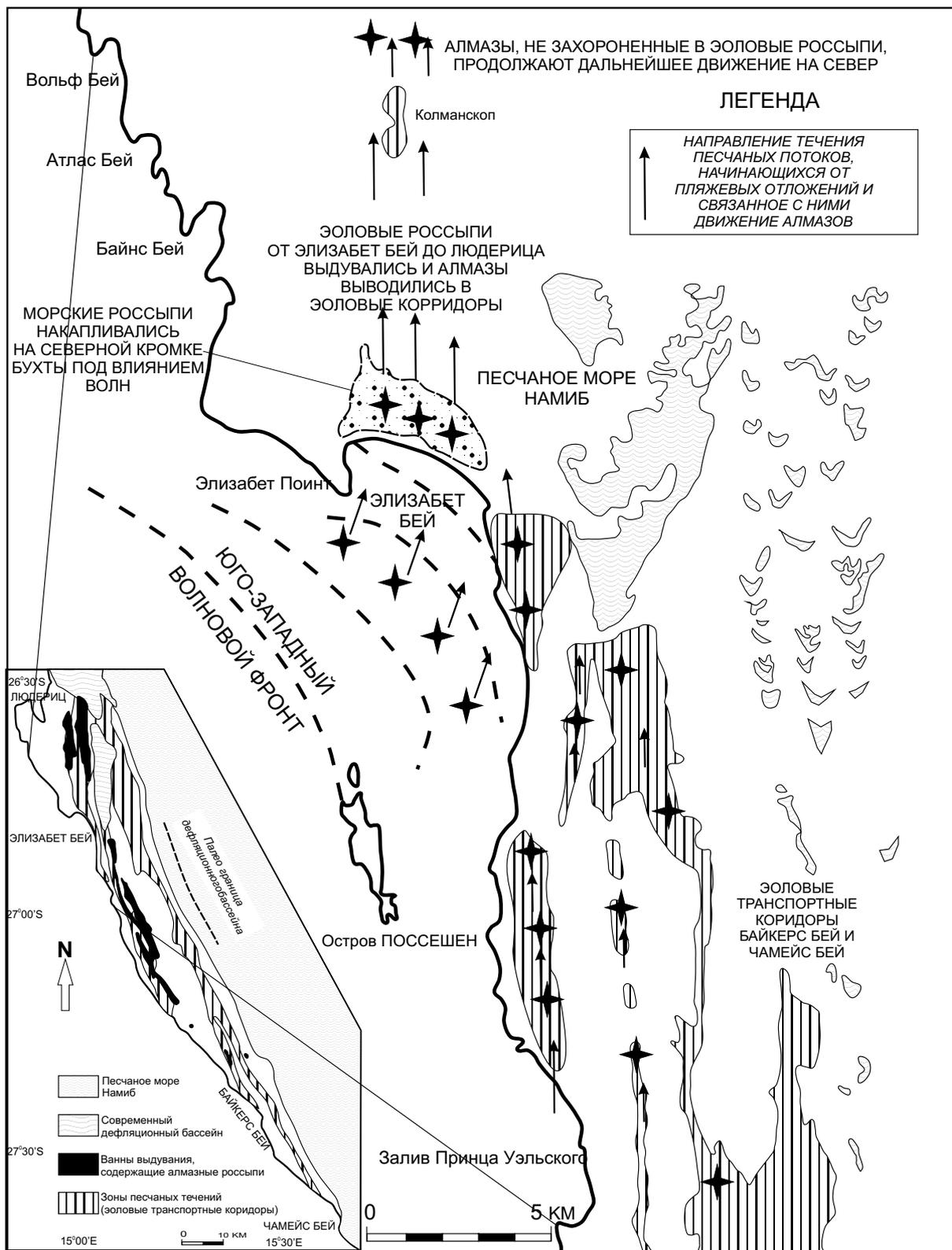


Рис. 6. Дефляционный ветровой бассейн между заливами Chameis Bay и Luderitzbucht (Corbett, 1996)

Подобные дефляционные «коридоры» имеют вытянутые линейные формы с шириной 1–2 км и фиксируются по цепочке барханов. Во время бурь частицы до 2 мм в диаметре начинают скачкооб-

разно передвигаться по ложбинам в скальной поверхности. Скорость миграции обломочных частиц через ветровые «коридоры» весьма существенна, и интенсивность перемещения барханов достигает

30–60 метров в год. Частицы передвигаются вдоль «коридоров» тремя способами: во взвешенном состоянии, в результате подпрыгивания и волочения по поверхности. Волочение крупных частиц предопределяется не столько силой ветра, сколько бомбардирующими их песчинками. Значительная часть геологов, изучающих эоловые россыпи, считает, что тяжелые минералы, включая алмазы, перемещаются волочением в сочетании с перекачиванием [14]. Во время передвижения происходит хорошая сортировка минералов как по фракциям, так и по удельному весу. Помимо этого, происходит сортировка по форме. Относительно алмазов считается, что в результате эоловых процессов происходит перемещение тяжелых минералов и алмазов размером от 1 до 4 мм [2]. Эмпирическим путем было измерено, что мелкие алмазы (размером до 0,3 карат) могут передвигаться со скоростью до 4–5 метров в год. В рамках геологического времени это представляет очень эффективный транспортный механизм, продолжающийся и в настоящее время. Но хотелось бы оговориться, что такое перемещение возможно лишь в пределах локальных участков. Линейные морфоскульптуры сухих долин, направленные в субширотном направлении, вероятней всего являются локальными барьерами физического ряда, попадая в которые, алмазы смещаются по ним в сторону базиса эрозии под действием экзогеодинамических процессов. Во время морской регрессии эоловые транспортные коридоры смещаются на запад. В свою очередь, во время наступления моря следует размыв и переработка таких россыпей волнами и подводными течениями.

Высокопродуктивные россыпи расположены вдоль ветрового коридора на протяжении почти 200 км от Chameis Bay на юге до Luderitz Bay на севере. Существующий в настоящее время эоловый коридор вдоль побережья установился начиная с миоцена (25 млн лет). В течение прошедшего геологического времени морской уровень многократно опускался и поднимался. Таким образом, можно предсказать присутствие сходного ветрового коридора по соседству западнее, ниже современного уровня моря.

Выделяемая рядом авторов популяция эоловых алмазов отличается очень хорошей сортировкой по размеру и форме. В центральных районах побережья Намибии преобладают округлые изометричные и удлиненные камни весом около 0,25–0,4 карата. Значительное количество алмазов имеет равномерно приполированную поверхность, возникшую в результате бомбардировки песчаными

частицами. Зачастую такие полированные камни имеют желтый нацвет, что, по-видимому, также стало следствием перераспределения азотных включений дефектов тонкого приповерхностного слоя в результате многократных ударов.

Для эоловых алмазных россыпей очень характерны так называемые ветрогранники, гальки устойчивых пород, первоначально округлых, но ограненных и угловатых в результате длительной однонаправленной ветровой абразии.

*Главные реки и временные русла сухих рек* имеют огромное значение как при транспортировке алмазов из внутренних районов материка, так и при перераспределении алмазов из промежуточных коллекторов, в том числе и находящиеся в настоящее время выше уровня океана древние пляжные россыпи. Распределение алмазов вдоль западного побережья, количество кристаллов, их средний размер хорошо увязываются с позицией речных дельт. Отмечаемая тесная связь между средним размером алмазов и дистанцией на север от питающего речного русла показывает снижение размеров кристаллов от устья в северном направлении.

Реки Оранжевая и Olifants являются двумя основными каналами, через которые алмазы поступали на побережье из внутренних частей континента (см. рис. 4). Популяция алмазов из устьевых отложений рек Оранжевая и Olifants представляет собой одну из самых высококачественных в мире. Средний вес камней в устьях этих рек достигает 1–2 карат на камень при высочайшем качестве, нередко находки камней в десятки карат и достигающие первой сотни.

Реки Holgat, Buffels, Swartlintjies, Spoeg и Groen, а также Kaukausib, Koichab и Huab тоже могли служить значительными транспортными артериями для перераспределения алмазов. Как-то из этих водотоков могли перехватывать русло реки Оранжевой на разных стадиях развития ее долины во время кайнозоя, но основная их роль заключается в том, что они перемывали материал из приподнятых террас и перераспределяли алмазы на более низкие отметки базиса эрозии. Наибольшее количество и самые крупные камни могут ожидать в устьях этих рек или непосредственно вблизи от них. С другой стороны, с дельтами рек связано нарастание мощностей осадка, что осложняет геологоразведочные работы и снижает экономическую значимость россыпей. Тем не менее, такие второстепенные долины рек Koichab и Huab в палеоприустьевой части представляют собой наибольшее россыпное месторождение на внут-

реннем шельфе в обширном заливе Luderitz Bay (после месторождений дельты реки Оранжевой).

Алмазы россыпей в устьевых частях второстепенных рек в центральной и северной частях побережья представляют собой перемешанные морские и эоловые популяции. При этом бывают находки крупных камней (до 3–16 карат), а также трещиноватых алмазов, осколков и борта, что, не исключено, свидетельствует о дополнительной подпитке алмазов из продуктов разрушения ледниковых отложений свиты Dwyka.

Сформировавшиеся россыпи пляжей в ходе регрессии морского бассейна попадали в сферу влияния долин локальных временных потоков, для которых характерны короткие, но широкие системы водосбора, спускающиеся с западного склона «Большого Обрыва». Гидрографический режим этих рек определяется сезонным характером, когда засушливый период года сменяется дождливым сезоном с очень высокой нормой атмосферных осадков. Во время сильных ливней формируется мощный поток, который несет большое количество не только крупнообломочного материала, но и глины. Часто он приобретает характер грязекаменного селя [15]. Эта взвешенная смесь ведет себя как тяжелая жидкость с высокой плотностью, в

которой могут всплывать и переноситься на далекие расстояния даже достаточно крупные алмазы. Для рек побережья Намибии такие условия были наиболее характерны в конце мелового периода (около 80 млн лет назад), а также во время гумидных периодов миоцена (15 млн лет) и плиоцена (1 млн лет назад). Мощность этих водных палеорек, как считается, была несоизмеримо больше современных, они обладали огромной эродирующей и транспортирующей способностью.

Подобные древние и современные речные системы смывали обломочный материал высоких морских террас, сгружая его на побережье, что приводило к формированию более низких уровней приустьевых пляжных россыпей. Впоследствии в процесс включалась транспортировка материала вдоль берега в северном направлении, осуществлявшаяся прибойно-волновой деятельностью океана.

## ВЫВОДЫ

В целом, можно отметить, что большинство исследователей сходятся во мнении о возрасте, распределении и местоположении коренных и промежуточных источников алмазов, участвовавших в формировании алмазных россыпей. Современ-

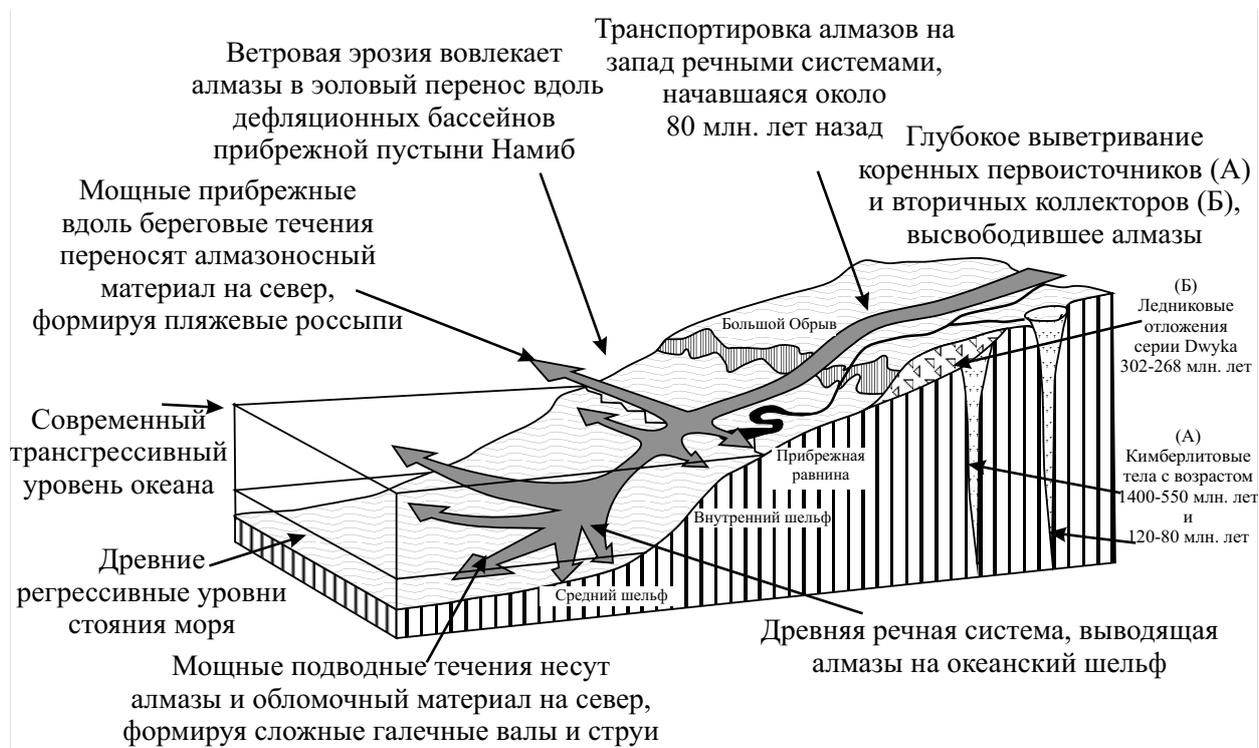


Рис. 7. Региональная модель транспортировки алмазоносного материала на побережье Юго-Западной Африки (по данным Spaggiari, 2006)

менная изученность морских россыпей алмазов побережья Намибии указывает на их полигенное и гетехронное происхождение. При этом первичный (коренной) источник алмазов может быть удален на очень значительные расстояния. Предполагается региональная модель источников питания морских россыпей побережья Намибии (рис. 7).

В то же время многие аспекты, такие как эрозионный размыв и осадконакопление алмазоносного материала, палеогеографический контроль главных речных систем, колебания уровня океана (эвстатические и тектонические), периоды подъема континента и связанные с ними эрозионные циклы, по-прежнему остаются не до конца определенными и являются дискуссионными в научной литературе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Levinson A. A.* Diamonds sources and production: past, present, and future / A. A. Levinson, J. J. Gurney, M. B. Kirkley // *Gems and Gemmology* 28. — 1992, P. 234–254.
2. *Corbett I. B.* A review of diamondiferous marine deposits of west southern Africa / I. B. Corbett // *Africa Geosciences Review*. — N 3. — 1996. — P. 157–174.
3. *De Decker R. H.* The geological setting of diamondiferous deposits on the inner shelf between the Orange River and Wreckpoint, Namaqualand / R. H. De Decker // *Bulletin of the Geological Survey of South Africa*, 1986. — P. 86–99.
4. *Rogers J., Pether J., Molyneux R., Genis J., Kilham J. L. V., Cooper G. and Corbett I. B.* Cenozoic geology and mineral deposits along the west coast of southern Africa and the Sperrgebiet // *Guidebook Geocongress '90 Geological Society of South Africa*, 1990. — P. 11–90.
5. *Sutherland D. G.* The transport and sorting of diamonds by fluvial and marine process // *Economic Geology* 77, 1982. — P. 1613–1620.
6. *Schneider G. I. C., Miller R. M.* Diamonds. The Mineral Resources of Namibia, Ministry of Mines and Energy // *Geological Survey*, 5-1, 1992. — P. 1–31.
7. *Spaggiari R. I., Bluck B. J. and Ward J. D.* Characteristics of diamondiferous Plio-Pleistocene littoral deposits within the paleo-Orange River mouth, Namibia. *Ore Geology* 28, 2006. — P. 475–492.
8. *Moore J. M.* The roles of kimberlitic and secondary Dwyka glacial sources in the development of alluvial and marine diamond deposits in Southern Africa / J. M. Moore, A. E. Moore // *Journal of African earth. — Sciences* 38, 2004. — P. 115–134.
9. *Visser J. N. J.* The Dwyka Formation along the north-western margin of the Karoo Basin in the Cape Province, South Africa. *Transactions of Geological Society of South Africa* 88, 1985. — P. 37–48.
10. *Tompkins L. A., Gonzaga G. M.* Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel Region, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology* 84. — 1989. — P. 591–602.
11. *De Wit M. C. J.* Post-Gondwana drainage and the development of diamond placers in western South Africa. *Economic Geology* 94. — 1999. — P. 721–740.
12. *Kaiser E.* Die Diamantenwüste Süd Westafrikas. 2Vol. Dietrich Reimer, Berlin. 1926. — P. 241.
13. *Ward J. D.* The Cenozoic succession in the Kuiseb Valley, central Namib Desert. *Geol. Surv. South West Afr. / J. D. Ward // Namibia Mem.* 9, 1987.
14. *Смирнов В. С.* Геология полезных ископаемых / В. С. Смирнов. — М.: Недра, 1965. — 405 с.
15. *Подчасов В. М.* Россыпи алмазов мира / В. М. Подчасов, М. Н. Евсеев, И. Я. Богатых, В. Е. Минорин, В. Г. Черенков. — М., 2005. — 747 с.