

Средний размер алмазов в мел-кайнозойских прибрежных алмазоносных отложениях Атлантического побережья Южной Африки и история формирования алмазных россыпей этого региона

В статье на основе анализа распределения среднего размера алмазов в мел-кайнозойских, прибрежных промышленных алмазоносных отложениях атлантического побережья Южной Африки (ЮА) сделана попытка выделить характерные особенности истории формирования алмазоносных россыпей данного региона.

Ключевые слова: алмазы, россыпи, Южная Африка, формация.

O. N. MALYKH (VSEGEI)

Mean size of diamonds in the Cretaceous-Cenozoic coastal diamondiferous deposits of the Atlantic coast, South Africa, and the formation history of diamond placers in this region

In the paper, an attempt is made to highlight characteristic features in the formation history of diamondiferous placers in this area based on the analysis of the distribution of the mean size of diamonds in Cretaceous–Cenozoic coastal economic diamondiferous deposits of the Atlantic coast, South Africa (SA).

Keywords: diamonds, placers, South Africa, formation.

Для цитирования: Мальных О. Н. Средний размер алмазов в мел-кайнозойских прибрежных алмазоносных отложениях Атлантического побережья Южной Африки и история формирования алмазных россыпей этого региона // Региональная геология и металлогения. — 2022. — № 91. — С. 79–86. DOI: 10.52349/0869-7892_2022_91_79-86

К региону атлантического побережья ЮА относятся Намаквалэнд (побережье ЮАР, между реками Олифантс и Оранжевая) и побережье Намибии (рис. 1). Алмазоносными на всей этой территории являются все уровни прибрежных террас различного возраста и уровня, перекрытые современными эоловыми песками.

Довольно приближенная картина распределения среднего размера алмазов в прибрежных алмазоносных отложениях этого региона обрисована в статье Bluck [3]. Из нее следует, что главными поставщиками алмазов из континентальных коренных трубок на побережье океана служат реки Оранжевая и Олифантс (палеорека Карру) (рис. 1).

Это проявляется в уменьшении размера алмазов в северном направлении при удалении от устьев этих рек вследствие перемещения алмазов на север прибрежным течением Бенгела. Для р. Оранжевая эта тенденция подтверждается. А для р. Олифантс при более детальном рассмотрении значительный вклад в снос алмазов в океан вносят реки, расположенные к северу от нее, что мы подробно и рассмотрим.

Намаквалэнд

Стратиграфия. На территории Намаквалэнда известно пять уровней алмазоносных прибрежно-морских отложений. Все они перекрыты эоловыми покровными песками (мощностью в десятки метров).

1. *Формация Коингнаас* (Koinignaas) представлена речными *позднеолигоценовыми*, по мнению одних исследователей [6], и *позднемеловыми*, по мнению других [7, 14, 15] палеоканалами, врезанными в породы фундамента на глубину до 20 м, заполненными каолинизированными кварцевыми конгломератами, местами сильно алмазоносными.

2. *Формация Клензее* (Kleinzee) (пакет прибрежных террас на уровне 90 м) среднемиоценового возраста мощностью около 35 м. Представлена базальными алмазоносными гравийными отложениями, кверху сменяющимися галечно-илистыми песками и глинами. Руководящее ископаемое *Isognomon gariesensis* [4].

3. *Формация Авонтур* (Avontuur) (пакет 50 м) раннеплиоценового возраста мощностью 5–25 м. Базальные алмазоносные гравийные

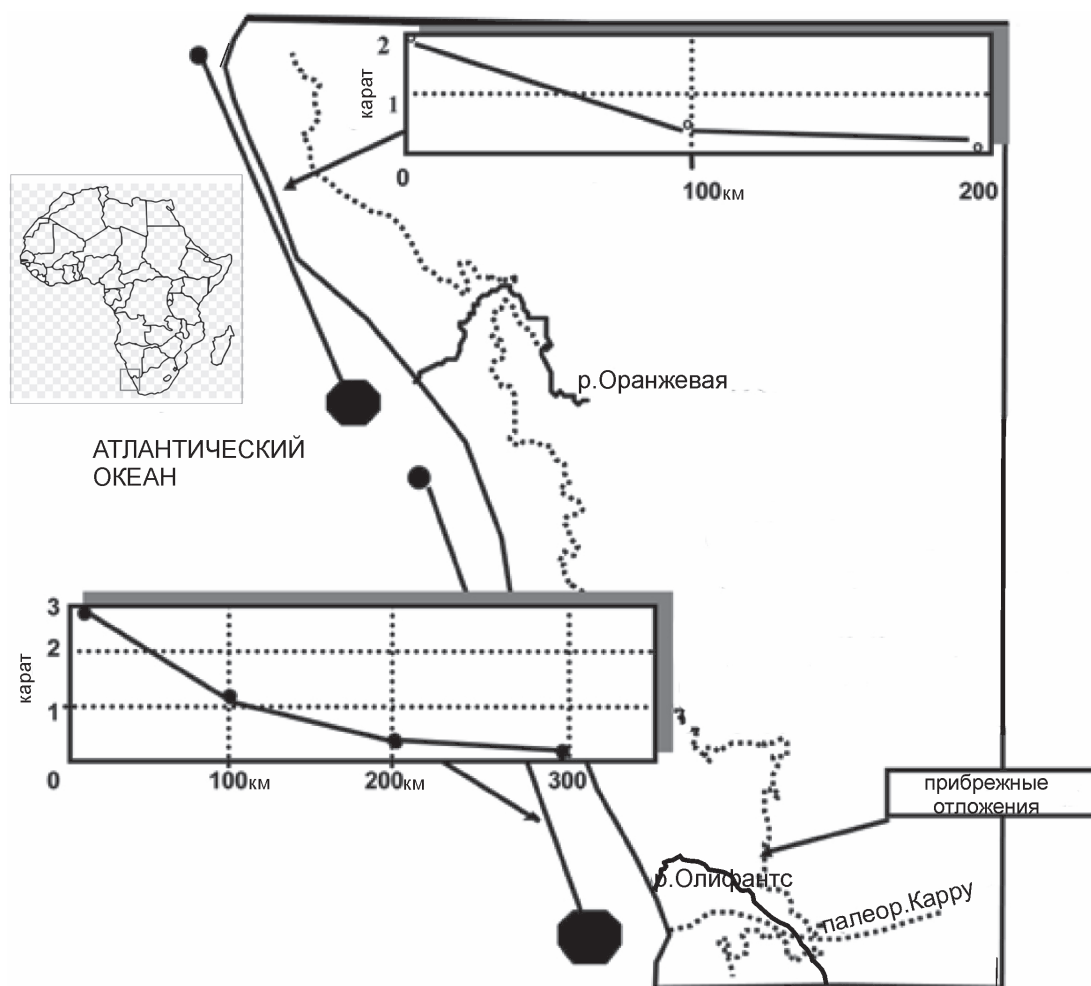


Рис. 1. Распределение среднего размера алмазов в прибрежных алмазоносных отложениях Атлантического океана [3]

отложения вверх по разрезу перекрыты мелкозернистыми песками. Руководящее ископаемое – *Donax haughtoni* [9].

4. Формация Хондеклипбаай (*Hondeklipbaai*) (пакет 30 м) среднеплиоценового возраста мощностью до 20 м. Базальные алмазоносные гравийные отложения сменяются вверх по разрезу крупнозернистыми красноцветными песками. Руководящее ископаемое – *Donax rogersi* [4].

5. Современные–позднеплейстоценовые пляжевые отложения Курлев Стренд (*Curlew Strand*) (на уровнях 2–12 м) мощностью 10–20 м часто бывают алмазоносны. Состоят из маломощных гравелитистых песков. Руководящее ископаемое – *Donax serra* [4].

Алмазоносность прибрежных отложений Намаквалэнда

В настоящее время на территории Намаквалэнда ведется разработка прибрежных россыпей, связанных с устьями рек Бюффельс, Свартлинтьес (*Swartlintjies*) и Олифантс [9].

Данные по алмазоносности формации Коингнаас весьма отрывочны. Wilson [20] упоминает о «раннетретичных (меловых?) палеопритоках»: а) к югу от современного устья р. Бюффельс со

средним размером алмазов 0,4 кар/камень (10 % алмазов > 1 кар, некоторые > 10 кар/камень); б) в районе р. Гроен – с алмазами размером 0,35 кар/камень, но низкими содержаниями (< 2 кар/100 т).

Компания Trans Нех упоминает о наличии двух горизонтов алмазоносных гравийных отложений в районе пос. Конгнаас: древних захороненных меловых палеорусел и более молодых морских террасовых, образовавшихся в результате переотложения первых. Оба горизонта характеризуются высокими концентрациями алмазов небольшого размера (около 0,25 кар/камень) [19]. Трофимов [2] приводит сведения о содержаниях в этих отложениях порядка 2 кар/м³ при среднем размере алмазов 0,4 кар/камень.

Среди более молодых формаций все исследователи подчеркивают повышенную алмазоносность формации Авонтур (террасы уровня 50 м). Поэтому данные по среднему размеру алмазов в районе побережья от пос. Ноллот до пос. Клензее относим к этому уровню.

В районе устья р. Олифантс современные пляжевые отложения, которые разрабатываются в настоящее время, имеют средний

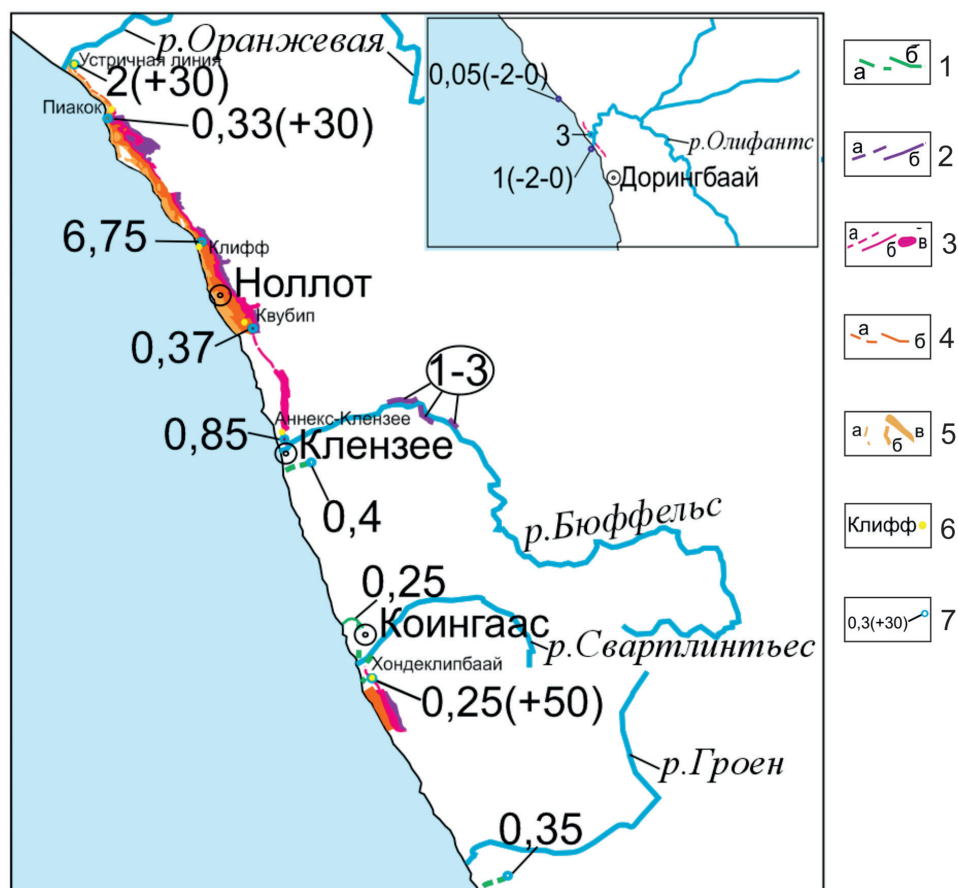


Рис. 2. Средний размер алмазов Намаквалэнда

1 – верхнемеловые палеоканалы формации Коингнаас: а – предполагаемые, б – достоверные; 2 – среднемиоценовые террасы (+90 м): а – предполагаемые, б – достоверные; 3 – позднемиоценовые террасы (+50 м): а – предполагаемые, б – достоверные, в – площадные; 4 – плиоценовые террасы (+30 м): а – предполагаемые, б – достоверные; 5 – позднеплейстоцен-голоценовые пляжи: а – предполагаемые, б – достоверные, в – площадные; 6 – точки разработок алмазных россыпей; 7 – средний размер алмазов, (+30) – уровень террас, с которыми связаны алмазы [9, 12, 15, 16]

размер 1 кар/камень [5]. Данные Bluck [3] – 3 кар/камень – непонятно, к какому уровню относятся, но, учитывая общую тенденцию, можно предположить, что алмазы такого размера в данном районе находятся на уровне террас 50 м.

Распределение среднего размера алмазов в Намаквалэнде отражено на рис. 2. После анализа данного распределения можно сделать следующие выводы:

1) в верхнем меле существовало несколько алмазоносных рукавов палеореки Карру, впадающих в Атлантический океан в районе современных рек: Бюффельс, Сварлиньес, Гроен и Олифантс (рис. 2) с очень высокой концентрацией, но довольно невысоким средним размером алмазов;

2) дальнейшее распределение среднего размера алмазов в этих рукавах можно достоверно проследить только в районе р. Бюффельс (рис. 2). Происходит последовательное понижение размера алмазов с 1–3 кар в среднемиоценовых террасах нижнего течения реки до 0,85 кар в позднемиоценовых террасах в районе устья (Аннекс-Клензее). И далее к северу от устья р. Бюффельс наблю-

дается дальнейшее понижение размера алмазов в террасах этого уровня до 0,37 кар (Квубеп);

3) интересно положение старых алмазных разработок в районе Клифф (рис. 2) со средними размерами алмазов 6,75 кар. Нигде рядом – по побережью и в районе низовий р. Оранжевая (2,7 кар максимальное) – таких средних размеров обнаружено не было. Возможно, здесь в олигоцене был еще один палеорукав р. Оранжевая.

Нижнее течение р. Оранжевая

Продуктивные террасы реки в этом районе делятся на две группы: мезо- и прототеррас (рис. 3). Сведения по алмазоносности данных отложений приведены в табл. 1.

Из приведенных данных, по мнению Jacob [11], следует, что в позднем олигоцене произошел интенсивный смыл алмазов с континентальной части ЮА. В результате чего в районе нижнего течения р. Оранжевая произошло накопление высоких концентраций алмазов крупного размера. С течением времени уровень содержания алмазов в террасовых отложениях падал, но при этом происходило накопление самых крупных алмазов в самых молодых россыпях. Алмазонос-

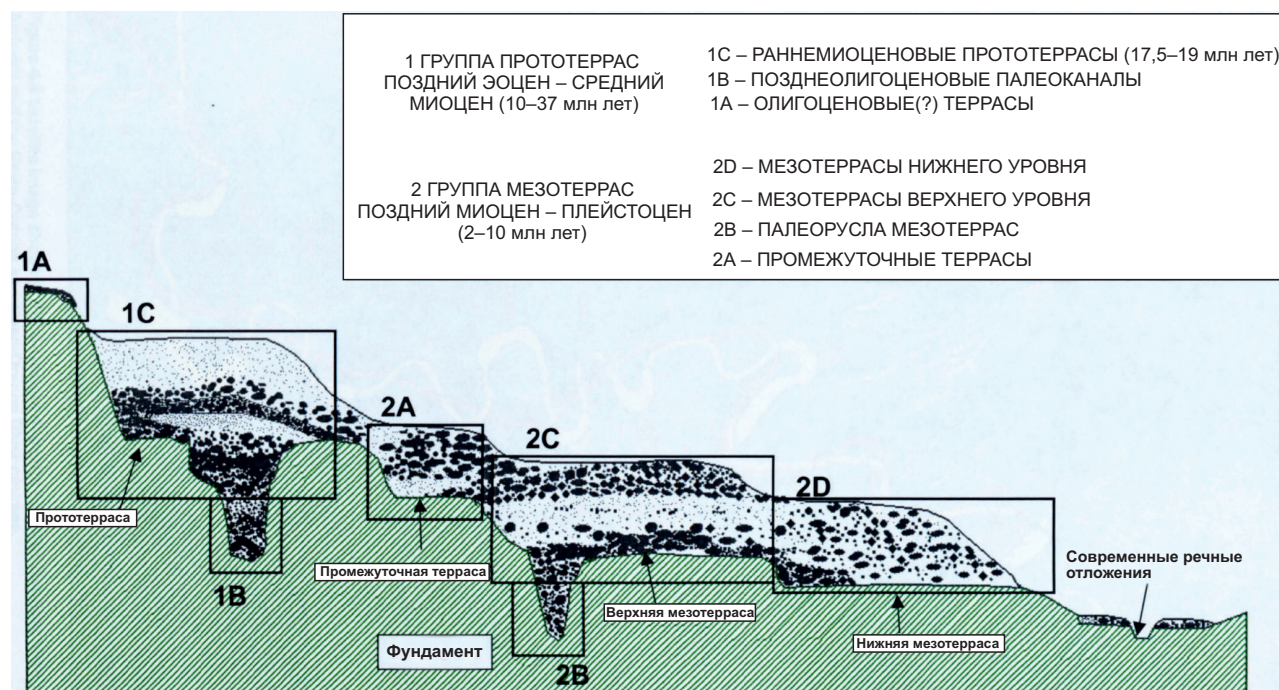


Рис. 3. Прото- и мезотеррасы нижнего течения р. Оранжевая [11]

Таблица 1

Продуктивность и размер алмазов нижнего течения р. Оранжевая [3]

Уровень террас	Продуктивность, кар/100 т	Средний размер алмазов, кар/кам
Эоцен МА1(Намибия)*	1,2	0,5
Палеорула в прототеррасах (поздний олигоцен, 25 млн лет)	35	2
Прототеррасы (ранний миоцен, 17 млн лет)	1–5	1–2
Мезотеррасы (поздний миоцен–плейстоцен)	<0,5	<3

*Опробовано 320 т – недостоверное, необходимо 2000 т [11]

ность эоценовых осадков в этом районе трудно оценить, т. к. остатки этих отложений весьма незначительны.

Намибия

Генетические типы и стратиграфия россыпей. Алмазоносные россыпи побережья страны отличаются разнообразием как генетических типов, так и широким спектром их стратиграфии.

Террасовые пляжи

а) *Формация Бунтфельдшухт (Buntfeldschuh)* встречается в единичном выходе у одноименного поселка (рис. 4, б). Так же Jacob [11] упоминает о единичных выходах формации в районе пос. Людериц и Богенфельс, но на графике их положение найти не удалось. Формация представлена морскими отложениями (песчаники, алевролиты, линзы галечно-гравийного состава) суммарной

мощностью около 36 м. Среднеэоценовый возраст отложений формации определен по наличию акульных зубов (42 млн лет) [13].

б) *Уступ на высоте около 100 м от уровня моря*, врезанный в выветрелые протерозойские породы группы Гариеп, тянется параллельно современной береговой линии на протяжении 25 км к северу от пос. Оранжемунд (рис. 4, б). Хотя никаких морских отложений тут обнаружено не было, условно эту линию геоморфологически соотносят с раннемиоценовым пакетом Намаквалэнда уровня 90 м (18–17,6 млн лет) [18].

в) *Террасы уровня 50 м.* Обнаружены в единичном выходе к северу от пос. Оранжемунд (рис. 4, б) и тянутся полосой в районе р. Хоаурусиб на северо-западе Намибии [1] (рис. 4, а). Представлены морскими отложениями с прослоями гальки и гравия. Позднемиоценовый возраст

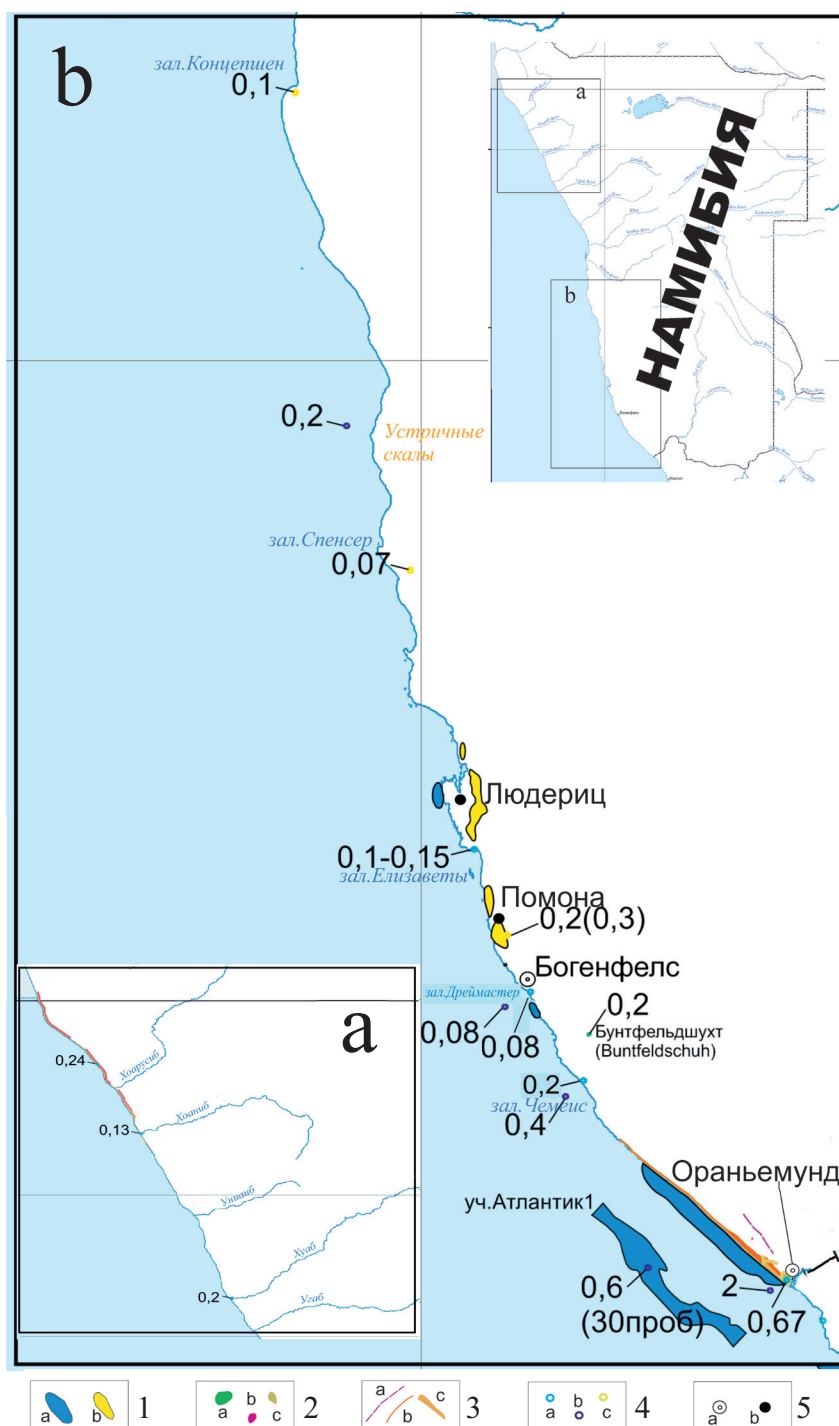


Рис. 4. Распределение среднего размера алмазов в продуктивных отложениях Намибии:

a – россыпного северо-западного узла Намибии; *b* – узлов МА2 и Сперргибейт (по данным [13, 18])

1 – алмазоносные россыпи: *a* – морские, *b* – эоловые; *2* – площадные остатки древних террас: *a* – среднеэоценовые (Бунтфельдшухт, 42 млн лет), *b* – прибрежные позднемиоценовые морские террасы уровня 50 м (5–7 млн лет), *c* – плиоцен-плейстоценовые террасы мезо-Оранжевой реки (2,5–3 млн лет); *3* – линейные морские прибрежные террасы: *a* – предполагаемая линия остатков раннемиоценовых террас уровня 90 м (17–18 млн лет), *b* – плиоцен-плейстоценовые террасы уровня 30 м (2,5–3 млн лет), *c* – современные террасы (менее 0,4 млн лет); *4* – средний размер алмазов, отобранных из отложений: *a* – прибрежных морских, *b* – морских подводных, *c* – дефляционных; *5* – городские поселения: *a* – действующие, *b* – заброшенные

(5–7 млн лет) определен по наличию раковин *Donax haughtoni* [18].

г) *Молодые террасы поднятых пляжей*. Тянутся узкой полосой от устья р. Оранжевая до зал. Чемеис, фрагментарно до зал. Дреймастер на юге Намибии (рис. 4, б) и в районе р. Хоаурусиб на северо-западе Намибии [1] (рис. 4, а). Выделяют два уровня террас: нижняя терраса (уровня 10 м и менее) формируют три уровня пляжей (снизу вверх): А, В и С и верхняя терраса (уровня 30 м) с тремя уровнями пляжей: D, E и F. Возраст нижней террасы (плейстоцен–голоцен) определен по широкому распространению в отложениях раковин *Donax segga*, а верхней (плиоплейстоцен) – *Donax rogersi* [18].

Современные дефляционные отложения

Широкими полосами распространены вдоль береговой зоны к северу от пос. Богенфельс до пос. Людериц и далее фрагментарно вдоль побережья до зал. Концепшен (рис. 4, б). Алмазонасность данных образований связывают с эоценовыми отложениями формации Бунтфельдшухт, т. к. для тех и других характерно обилие агата и желтого халцедона [11]. Экстремальные условия выветривания (высокий перепад температур в течение суток, интенсивный ветер в течение долгого периода времени) расситовывали первоначальные гравийно-галечные осадки в дефляционные алмазонасные отложения и песок. Большая часть песка транспортируется дюнами пустыни Намиб. Исследование геохимии микроэлементов песков говорит об их транспортировке на расстояние порядка 1750 км от р. Оранжевая до южной Анголы [10].

Морские гравелиты

Эти отложения начали изучаться и разрабатываться сравнительно недавно (с 1990-х годов), поэтому информация по ним незначительна. В настоящее время исследуется прибрежная полоса шельфа с глубинами до 100 м, ширина которой составляет 5–10 км. Дно шельфа характеризуется сложной морфологией. Известны алмазонасные морские гравелиты в прибрежной полосе, тянущейся от устья р. Оранжевая; к югу от пос. Богенфельс; рядом с пос. Людериц велась добыча алмазов на уч. Атлантик-1, в полосе шельфа на глубине 120–140 м (рис. 4, б), которые залегают на эоценовых глинах. Области повышенных концентраций алмазов в данных отложениях связаны с устьями наиболее крупных рек. Распределение алмазов в подводных россыпях контролируется микрорельефом морского дна и положением относительно древней и современной береговой линии. Максимальные концентрации алмазов связаны с современными и древними волноприбойными зонами, террасами, палеодолинами, а в их пределах – с понижениями в рельефе различного типа (водобойными котлами, ложбинами, рывтинами, образовавшимися на докембрийских сланцах, филлитах и гнейсах плотика).

Алмазы обычно ассоциируют с базальными гравиями. Обычно они перекрыты голоценовыми осадками [1].

Алмазонасность

Распределение среднего размера алмазов в генетических разновидностях россыпей разного возраста показаны на рис. 4.

Средний размер алмазов в среднеэоценовых пляжевых отложениях формации Бунтфельдшухт составляет: в районе пос. Людериц – 0,1 кар; в районе пос. Бунтфельдшухт – 0,2 кар [3].

Средний размер алмазов в молодых пляжевых отложениях (террасы уровня 10, 30 м) уменьшается в направлении с юга на север от устья р. Оранжевая. В устье он составляет 0,67 кар, в районе зал. Чемеис – 0,2, а в зал. Дреймастер – 0,08 кар [17]. В районе Берега Скелетов (северо-запад Намибии) средний размер алмазов в этих отложениях – около 0,24 кар [1].

Для дефляционных алмазонасных отложений также характерно уменьшение средней крупности алмазов в направлении с юга на север. Так, в районе пос. Помона она составляет 0,2–0,3 кар [1]; около зал. Спенсер – 0,07 кар; а у зал. Концепшен – 0,1 кар [17].

Для морских подводных россыпей Намибии характерно снижение крупности алмазов по мере продвижения к северу вдоль побережья от устья р. Оранжевая. Так, у устья этой реки средняя масса алмазов – около 2 кар [3], в зал. Чемеис – 0,4 кар [2], а к северу от бух. Спенсер (Устричные скалы) она не превышает 0,15–0,20 кар [1]. На уч. Атлантик-1 средний размер алмазов составляет 0,5–0,7 кар [13].

По всем этим данным видно, что во всех генетических разностях алмазонасных россыпей Намибии наблюдается общее снижение среднего размера алмазов в направлении с юга на север.

Выводы

Сведения по среднему размеру алмазов (с разбивкой по стратиграфическим уровням) россыпей атлантического побережья ЮА и устья р. Оранжевая были собраны в сводную таблицу (табл. 2).

Анализ данных табл. 2 и всей информации по среднему размеру россыпей атлантического побережья ЮА в различных стратиграфических уровнях позволяет выделить следующие особенности формирования прибрежных россыпей этого региона.

1. Среднеэоценовые (42 млн лет) слабоалмазонасные террасы Бунтфельдшухт, находящиеся к северу от устья р. Оранжевая. Непонятен источник этих алмазонасных террас. Если перестройка континентальной сети началась уже в это время, то алмазы могли поступать уже из устья р. Оранжевая. Если же перестройки не было, то, вероятно, алмазы переносились морскими течениями от самых северных притоков р. палео-Карру.

Так же непонятен вопрос с уровнем алмазонасности этих отложений. По мнению Bluck [3], данные отложения служили источником алмазов дефляционных месторождений в районе поселков Помона–Людериц, где было добыто около 16 млн кар алмазов. Так как сохранились незначительные фрагменты этих террас, то нормального опробования алмазонасных уровней террас не

Таблица 2

Распределение среднего размера алмазов в различных стратиграфических уровнях прибрежных отложений Атлантики ЮА и в аллювии нижнего течения р. Оранжевая

Прибрежная терраса (формация), уровень	Возраст, млн лет	Руководящее ископаемое [источник]	Намаквалэнд, юг (ЮАР)	Намаквалэнд, север (ЮАР)	Сперргейт (Намибия)	Устье р. Оранжевая, кар*/кар/100 т**
10 м и менее	0,007–0,4	Donax serra			0,08–0,2	
30 м	3–2,5	Donax regesi		0,33	0,67	<3/<0,5
50 м	7–5	Donax haughtoni	0,25	0,85		
90 м	18–17,6	Isognomon gariesensis		1–3		1–2/1–5
Прототеррасы р. Оранжевая	25	[11]				2/35
Формация Бундфельшух	37–40	[13]			0,2	
Формация Коингаас	Мел	[15, 16]	0,25–0,35	0,4/2 кар/м³ [2]		

* – средний размер алмазов; ** – продуктивность в кар/100 т

проводилось и достоверной информации об уровне их алмазоносности нет. Кроме данных террас, большое количество алмазов в дефляционные россыпи могло приноситься морскими течениями в более позднее время.

2. Средний размер алмазов (0,2–0,4 кар) при высоких содержаниях в нижнемеловых глиняных каналах формации Коингаас Намаквалэнда. И высокий средний размер (1–3 кар) в среднемиоценовых отложениях террас р. Бюффельс. Если происходил вынос крупных алмазов из меловых каналов, то вместе с ними бы выносился и каолиновый матрикс, что не наблюдается. Тогда можно предположить, что в Намаквалэнде в среднем миоцене (или ранее) произошел дополнительный внос алмазов с континента. Возможно, это произошло в олигоцене одновременно с вносом в устье р. Оранжевая. Однако древних алмазоносных русел этого возраста на территории Намаквалэнда не обнаружено.

3. Перехват р. Палео-Карру, по мнению De Wit [8], произошел в среднем миоцене (15–20 млн лет назад), однако существование позднеолигоценых алмазоносных прототеррас в устье р. Оранжевая, говорит о том, что континентальная перестройка гидросети произошла раньше, уже в это время.

В итоге вырисовывается такая картина формирования прибрежных и аллювиальных россыпей региона в мелу–кайнозой.

В верхнем мелу на территории Намаквалэнда формируются глинистые алмазоносные каналы, которые перекрываются осадками последующих трансгрессивно-регрессивных циклов. Возможно, что часть крупных алмазов была вынесена на шельф до «консервации» каналов.

В позднем олигоцене происходит перестройка континентальной гидросети. Основным каналом

поступления алмазов с континента выступает р. Оранжевая. Возможно, перехват произошел и ранее (в среднем эоцене), о чем говорят алмазоносные террасы формации Бундфельшухт.

В среднем миоцене в Намаквалэнде, вероятно, происходит еще один вынос алмазов с континента, когда на побережье океана поступают алмазы крупного размера. Однако не исключено, что алмазы поступили в это время с шельфа во время трансгрессионно-регрессионного цикла большой амплитуды.

1. Подчасов В. М. Россыпи алмазов мира. – М.: Геоинформарк, 2005.

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

3. Bluck B. J., Ward J. D. & De Wit M. C. J. Diamond mega-placers: southern Africa and the Kaapvaal craton in a global context / McDonald I., Boyce A., Butler I. B., Herrington R. J. & Polya D. A. (eds) // Mineral Deposits and Earth Evolution. Geological Society, London, Special Publications. – 2005. – № 248. – Pp. 213–245.

4. Carrington A. J. and Kensley B. F. Pleistocene molluscs from the Namaqualand coast // Ann. S. Afri. Museum. – 1969. – 52. – Pp. 189–223.

5. Cole D.I., Ngcofe L. and Halenyane K. Mineral commodities in the Western Cape Province, South Africa, Western Cape Regional Office. – 2014. – Report № 2014-0012. – 85 p.

6. De Beer C. H. 2010. The geology of the Garies area. Explanation: 1 : 250 000 Sheet 3017 Garies. Council for Geoscience South Africa. – 100 p.

7. De Villiers S. E. & Cadman A. An analysis of the palynomorphs obtained from Tertiary sediments at Koingnaas, Namaqualand, South Africa // Journal of African Earth Sciences. – 2002. – 33. – Pp. 17–47.

8. De Wit M. C. J. Post-Gondwana drainage and the development of diamond placers in western South Africa // Economic Geology. – 1999. – 94. – 5. – Pp. 721–740.

9. Elferink L. The Cenozoic stratigraphy and associated heavy mineral paleo-placer deposit on Geelwal Karoo: West Coast, South Africa. The requirements for the degree of Master of Science. University of Stellenbosch, 2005. — 283 p.
10. Garzanti E., Vermeesch P., Andò S., Lustrino M., Padoani M., Vezzoli G. Ultra-long distance littoral transport of Orange sand and provenance of the Skeleton Coast Erg (Namibia) // *Marine Geology*. — 2014. — 357. — Pp. 25–36.
11. Jacob R. J. The erosional and Cainozoic depositional history of the lower Orange River, southwestern Africa. Doctoral thesis, University of Glasgow, 2005. — 167 p.
12. Keyser U. The occurrence of diamonds along the coast between the Orange River estuary and the Port Nolloth reserve // *Geological Survey of South Africa Bulletin*. — 1972. — Vol. 54. — Pp. 1–23.
13. Nakashole A. N. Heavy minerals in the palaeo and modern Orange River and offshore southern Namibia: Submitted in accordance with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 2017, University of Leeds.
14. Pether J. Paleontological mitigation & geoheritage, De Beers Namaqualand mines, initial draft report, 2008.
15. Pether J. Proposed heavy mineral sand prospecting on Alexkor mine vast mineral sand (PTY) LTD, Namakwa District, Northern Cape, CTS Heritage, 2017.
16. Pether J. Proposed heavy mineral sand prospecting on Namaqualand coastal farms: Lang LANG Klip 489, Mitchells Bay 495 and Farm 496, Saxon Heavy Minerals (PTY) LTD, 2018.
17. Rau G. A geological evaluation of marine diamond placer deposits on the Central Namibian inner shelf: A case study of the Hottentot bay area. Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Science, RSA, Makhanda, Rhodes University, 2003.
18. Spaggari R. I. Sedimentology of plio-pleistocene gravel barrier deposits in the paleo-Orange river mouth, Namibia: depositional history and diamond mineralization. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, RSA, Makhanda, Rhodes University, 2011.
19. Trans Hex Group Limited. Valuation of Mineral Assets Project. Number JB009790. September, 2016.
20. Wilson M. G. C., McKenna N. and Lynn M. D. The occurrence of diamonds in South Africa, De Beers, Council for Geoscience, Pretoria, 2007.
4. Carrington A. J. and Kensley B. F. Pleistocene molluscs from the Namaqualand coast. *Ann. S. Afri. Museum*, 1969, 52, pp. 189–223.
5. Cole D. I., Ngcofe L. and Halenyane K. Mineral commodities in the Western Cape Province, South Africa, Western Cape Regional Office, 2014, Report № 2014-0012. 85 p.
6. De Beer C. H. 2010. The geology of the Garies area. Explanation: 1 : 250,000 Sheet 3017 Garies. Council for Geoscience South Africa. 100 p.
7. De Villiers S. E. & Cadman A. An analysis of the paly-nomorphs obtained from Tertiary sediments at Koinaas, Namaqualand, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 2002, 33, pp. 17–47.
8. De Wit M. C. J. Post-Gondwana drainage and the development of diamond placers in western South Africa. *Economic Geology*, 1999, 94, 5, pp. 721–740.
9. Elferink L. The Cenozoic stratigraphy and associated heavy mineral paleo-placer deposit on Geelwal Karoo: West Coast, South Africa. The requirements for the degree of Master of Science. University of Stellenbosch. 2005. 283 p.
10. Garzanti E., Vermeesch P., Andò S., Lustrino M., Padoani M., Vezzoli G. Ultra-long distance littoral transport of Orange sand and provenance of the Skeleton Coast Erg (Namibia). *Marine Geology*, 357, 2014, pp. 25–36.
11. Jacob R. J. The erosional and Cainozoic depositional history of the lower Orange River, southwestern Africa. Doctoral thesis, University of Glasgow, 2005, 167 p.
12. Keyser U. The occurrence of diamonds along the coast between the Orange River estuary and the Port Nolloth reserve. *Geological Survey of South Africa Bulletin*, 1972, vol. 54, pp. 1–23.
13. Nakashole A. N. Heavy minerals in the palaeo and modern Orange River and offshore southern Namibia, Submitted in accordance with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 2017, University of Leeds.
14. Pether J. Paleontological mitigation & geoheritage, De Beers Namaqualand mines, initial draft report, 2008.
15. Pether J. Proposed heavy mineral sand prospecting on Alexkor mine vast mineral sand (PTY) LTD, Namakwa District, Northern Cape, CTS Heritage, 2017.
16. Pether J. Proposed heavy mineral sand prospecting on Namaqualand coastal farms: Lang LANG Klip 489, Mitchells Bay 495 and Farm 496, Saxon Heavy Minerals (PTY) LTD, 2018.
17. Rau G. A geological evaluation of marine diamond placer deposits on the Central Namibian inner shelf: A case study of the Hottentot bay area. Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Science, RSA, Makhanda, Rhodes University, 2003.
18. Spaggari R. I. Sedimentology of plio-pleistocene gravel barrier deposits in the paleo-Orange river mouth, Namibia: depositional history and diamond mineralization. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, RSA, Makhanda, Rhodes University, 2011.
19. Trans Hex Group Limited Valuation of Mineral Assets Project Number JB009790. September 2016.
20. Wilson M. G. C., McKenna N. and Lynn M. D. The occurrence of diamonds in South Africa, De Beers, Council for Geoscience, Pretoria, 2007.

Малых Олег Николаевич — вед. инженер, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <Oleg_Malykh@vsegei.ru>

Malykh Oleg Nikolaevich — Leading Engineer, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI), 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106. <Oleg_Malykh@vsegei.ru>