

23. *Короткий А.М., Караулова Л.П., Пушкарь В.С.* Климат и колебания вертикальных ландшафтных зон Сихотэ-Алиня в голоцене // Геоморфология и четвертич. геология Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 112–119.
24. *Колесников Б.П.* Высокогорная растительность Среднего Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1969. 108 с.

ТИГ ДВО РАН, Владивосток

Поступила в редакцию  
19.05.2009

## TRACES OF PERIGLACIAL SLOPE PROCESSES IN THE RELIEF AND QUATERNARY DEPOSITS ON THE SOUTH OF THE FAR EAST

A.M. KOROTKY, V.V. KOROBOV, G.P. SKRYLNIK

### Summary

The standard set of periglacial slope processes (scree, block stream, solifluction, etc.) and their manifestations in the quaternary deposits were studied thoroughly. The spatial-time dynamics of the processes is complicating by actual winter processes and by the results of the ancient cryogenic slope processes. Anisotropy of the slope processes is of special interest because of its peculiar morphologic effect; of the latter the asymmetry of small river valleys is the example.

УДК 551.435.1(68)

© 2010 г. Е.В. ЛЕБЕДЕВА

## О НЕКОТОРЫХ ФОРМАХ ФЛЮВИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА ЮЖНОЙ АФРИКИ И СПЕЦИФИКЕ ИХ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБСТАНОВОК

Особенности строения форм флювиального рельефа (речных долин и их фрагментов, в т.ч. приустьевых частей и конечных бассейнов стока, а также эрозионной сети в целом) позволяют судить не только о характере современных природно-климатических условий, но и о тенденциях новейших тектонических движений территории, об особенностях развития рельефа и об изменениях климата и ландшафтов региона на протяжении достаточно длительных временных интервалов. Тщательный анализ строения речных долин и связанных с ними озерных котловин позволяет проводить детальные палеогеоморфологические реконструкции. Но эти объекты заслуживают пристального внимания геоморфологов даже при проведении обзорных маршрутов и рекогносцировочных исследований, т.к. первыми дают представление о новейшей истории формирования рельефа региона. Это относится как к территориям с умеренным, так и с семиаридным и аридным климатом, где современные флювиальные системы, казалось бы, являются весьма эфемерными образованиями, нередко существуя как таковые лишь короткие влажные периоды годового цикла, иногда не превышающие по продолжительности 1–2 месяцев. Однако, во-первых, за это время водотоки часто успевают проделать колоссальную работу, сравнимую с рельефообразующей деятельностью близкого по параметрам потока в условиях умеренного климата за гораздо более длительный период, а во-вторых, сами формы рельефа, в которых они существуют в настоящее время – долины, котловины и проч., могли формироваться в совершенно иных климатических условиях и при иной водности рассматриваемых объектов.

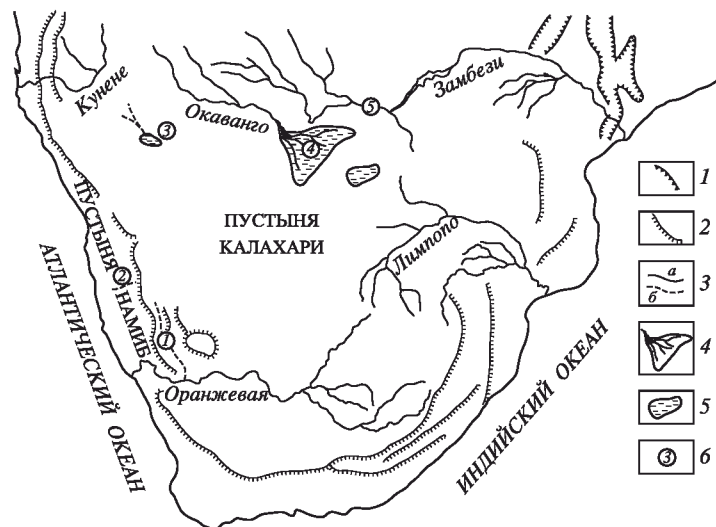


Рис. 1. Схема района исследований (по [11])

Уступы: 1 – тектонические (Восточно-Африканская рифтовая зона), 2 – денудационно-тектонические (фрагменты Большого уступа); 3 – водотоки (а – постоянные, б – пересыхающие); 4 – дельта р. Окаванго; 5 – пэны и иные заболоченные участки; 6 – объекты исследований: 1 – Фишривер каньон, 2 – долина р. Тсочей и каньон Сесрием, 3 – Этоша пэн, 4 – дельта р. Окаванго, 5 – долина р. Замбези в районе водопада Виктория

Во время проведенных в 2008 г. маршрутных исследований на юге африканского континента – в Намибии, ЮАР, Ботсване и Зимбабве – были изучены весьма интересные формы флювиального рельефа, свидетельствующие о тенденциях формирования ландшафта этой части континента в мезо-кайнозое, о специфике как тектонических движений, так и климатических условий. С этой точки зрения, наибольший интерес представляют долины рек Фишривер и Тсочей в их среднем течении (Намибия), р. Замбези близ водопада Виктория (Зимбабве), дельта р. Окаванго (Намибия и Ботсвана), а также конечный водоем рек Ошигамба и Экума – Этоша пэн (рис. 1).

Наиболее важным фактором, влияющим на развитие флювиальных процессов в Южной Африке, является количество выпадающих осадков, которое во многих регионах меньше потенциального испарения. В среднем в регионе испаряется около 85% осадков, выпадающих в виде дождей; среднелетние температуры (декабрь–февраль) – 25–30°, максимальные – менее 40° [1]. Основные осадки выпадают летом (соответствует нашей зиме), их количество в значительной мере отличается по регионам (таблица).

В этой части континента преобладает восточный перенос воздушных масс, и количество осадков уменьшается с удалением от Индийского океана. Западное побережье Южной Африки – один из самых засушливых районов: дожди здесь выпадают не каждый год, и влага поступает преимущественно из туманов, которые образуются, когда обезвоженные горячие воздушные массы с востока оказываются над поверхностью холодного Бенгальского течения.

В периоды дождей на южноафриканских реках наблюдаются значительные паводки, но лишь немногие реки текут в сухой сезон – зимой. В пустыне Намиб пересыхают все водотоки к северу от р. Оранжевой и вплоть до р. Кунене. Во время особенно жестких засух безводными становятся даже крупные реки юга континента за исключением р. Замбези.

На протяжении мезо-кайнозойской истории на юге африканского континента неоднократно происходила смена типов климата. Чередование плювиальных и аридных

**Природно-климатические условия районов исследования (по [1])**

Объект	Бассейн	Климат	Кол-во осадков, мм/год	Тип растительности/ ландшафта
Р. Фишривер (среднее течение)	Р. Оранжевая, Атлантический океан	Аридный	100–250	Каменистая пустыня с суккулентами
Р. Тсочерб (нижнее и среднее течение)	Теряется в песках пустыни Намиб (раньше впадала в Атлантический океан)	Аридный	От 10–13 до 50–75	Песчаная пустыня
Р. Замбези близ водопада Виктория (среднее течение)	Индийский океан	Семиаридный	500–1000	Саванна
Р. Окаванго (нижнее течение и дельта)	Теряется в песках пустыни Калахари (внутренняя дельта)	Семиаридный	500–1000	Саванна
Этоша пэн	Конечный водоем	Семиаридный	400–600	Сухая саванна

эпох приводило к изменению водности рек и формированию обширных внутренних (бессточных) озер [2]. В среднем и позднем плейстоцене и голоцене смена эпох с различной водностью происходила чаще, чем ранее [3]: на протяжении плейстоцена и в новейшее время выделяется пять более влажных эпох, причем каждый из плювиальных периодов мог иметь несколько пиков влажности. Наибольшие скорости ландшафтно-климатических изменений в умеренных широтах южного полушария наблюдались во время переходных этапов климатических макроциклов в позднем плейстоцене–голоцене [4].

На исследуемой территории в целом доминирует равнинно-плоскогорный рельеф с денудационными низко- и средневисотными горами. Главные неровности поверхности соответствуют древним синеклизам и антеклизам Африканской платформы, при этом для большинства положительных мегаформ характерна ступенчатость, обусловленная как цикличным развитием поверхностей выравнивания, так и спецификой литологии субстрата [2]. Здесь широко представлены в различной мере преобразованные мезо–кайнозойские поверхности выравнивания, наряду с которыми отмечены формы, созданные в результате активизации горизонтальных и вертикальных тектонических движений, наиболее ярким проявлением которых явилось формирование Восточно-Африканской рифтовой системы, “отголоски” которой, хоть и не в столь явном виде, прослеживаются и за ее пределами. Начало формирования рифта исследователи относят к юре–мелу, причем размах вертикальных перемещений отдельных блоков уже в это время составил 1000 м [5], но максимума (до 5000 м) вертикальные движения достигли в палеогене–неогене.

Процессы рифтогенеза были характерны и для западной и южной частей континента, но они проявились здесь задолго до раскола Гондваны и к началу формирования Восточно-Африканского рифта уже затухли [6]. Это так называемые отмершие рифты Карру, возникшие в конце одноименной эпохи и выполненные осадками позднего карбона–перми, которые венчают базальтовые вулканы триаса. Впадины имели преимущественно меридиональную ориентировку с отклонениями к З и В. Во время формирования мезо–кайнозойской рифтовой системы, которая располагалась северовосточнее рифтов Карру, древние рифты и отдельные разломы были частично омоложены. Они во многом определили положение долины р. Замбези и ее притоков и специфику других флювиальных форм.

Л. Кинг выделил в пределах Южной Африки пять поверхностей выравнивания: гондванскую (юра), постгондванскую (ранний и средний мел), африканскую (поздний

мел–эоцен), постафриканскую (неоген) и современную [7, 8]. Однако И.В. Бондырев, исследовавший среднее и нижнее течение Замбези в пределах Мозамбика, пишет о весьма значительном влиянии мезо–кайнозойской тектоники, обусловившей раздробленность этой части континента и ее сложное блоковое строение, приведшее, как он считает, к возникновению до 12 уровней/ярусов рельефа [9].

Несмотря на значительную роль процессов выравнивания в формировании рельефа региона, поверхность Южной Африки не была статичной: в периоды тектонической активизации, разделявшие этапы планации, она неоднократно испытывала изгибы и перекосы. В частности, произошло поднятие центральных секций и наклон краевых участков континента к побережью с образованием Великого Африканского (или просто Большого) уступа. Максимальное поднятие произошло вдоль самой линии Большого уступа (на западе это плато Биэ и Вельд с абс. высотами 1500–2000 м), центральная часть (ее занимает пустыня Калахари) испытала несколько меньшее поднятие (абс. высоты 900–1000 м). По одной из версий, образование уступа произошло в результате гигантского перекоса африканского континента с его общим понижением с юга на север [3, 7, 8].

Большой уступ формировался в несколько этапов. Движения начались с юры (на отдельных участках – в раннем мелу), и к середине мела он был уже хорошо выражен. Следующий этап активизации его формирования – плиоцен–ранний плейстоцен, но ось поднятия на этом этапе несколько сместилась в глубь континента, в результате чего на отдельных участках сформировались поднятия (уступы), параллельные основному (рис. 1).

Предполагается [7], в частности, что формирование Большого уступа также связано с развитием Восточно-Африканской рифтовой системы. В непосредственной близости от уступа нередки выходы горячих источников (таких, например, как Ай-Айс), что свидетельствует о продолжающейся активности. Однако местами уступ настолько переработан эрозионными процессами, что некоторые исследователи склоняются к тому, что он вообще имеет эрозионное, а не тектоническое происхождение.

По Большому уступу частично проходит современный водораздел Африки, отделяющий внутренние (бессточные) бассейны центральной части континента (р. Окаванго, Этоша пэн и др.) от бассейнов Индийского и Атлантического океанов. Но на отдельных участках крупные реки (Оранжевая, Кунене, Лимпопо и др.) пересекают уступ. Поднятие последнего обусловило врезание транзитных речных долин с образованием водопадов и быстрин, а на отдельных участках – глубоких каньонов. Для таких рек характерны слабовыпуклые продольные профили. Однако значительное влияние формирование уступа оказало и на реки, текущие субпараллельно ему, что хорошо видно на примере р. Фиш.

Р. Фиш (или Фишривер) является правым притоком р. Оранжевой в ее нижнем течении, это самая длинная река в Намибии. Сток рек этой части атлантического побережья очень неравномерен. Периодические дожди чередуются с продолжительными сезонами засухи, преобладают аридные и семиаридные условия. Р. Оранжевая (названная так за свою мутность) ежегодно выносит в море около 50 млн. т осадков, причем из них 32 млн. т – преимущественно за короткий период дождей, продолжающийся нередко всего две недели.

Р. Фиш также характеризуется непостоянной водностью: в паводки это бешеный поток шириной в несколько сотен метров и до 10–15 м глубиной. За несколько дней река может произвести колоссальные изменения в долине, а количество взвешенных наносов (преимущественно глины) в воде в этот период достигает  $\frac{1}{3}$  от объема. Но большую часть времени на месте русла существуют лишь небольшие озера, а в наиболее сухие годы река и вовсе пересыхает.

В среднем–верхнем течении долина Фишривер представляет собой глубокий каньон среди равнины с редкими останцовыми массивами, имеющими форму правиль-

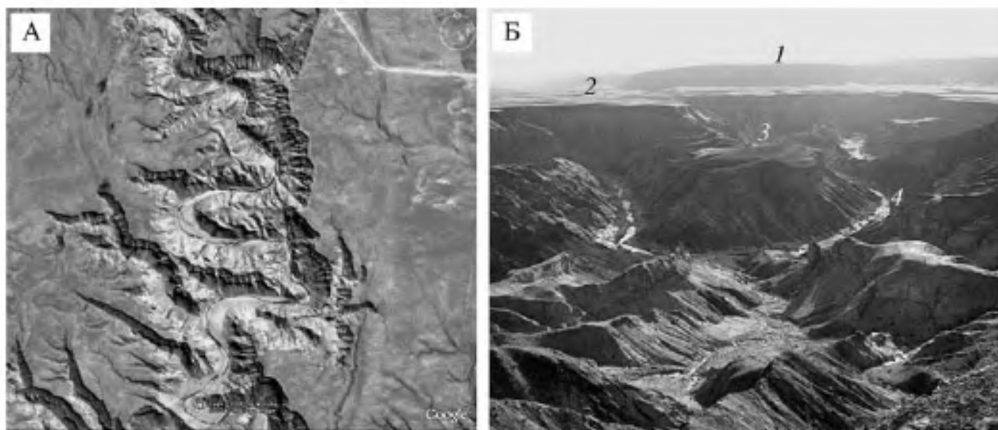


Рис. 2. Верховья каньона Фишривер (А – космоснимок, Б – фото автора)  
 1 – поднятие Шварцранд, 2 – поверхность выравнивания африканского цикла, 3 – фрагменты эрозионных поверхностей (неоген), 4 – современное днище долины

ных конусов и относительные высоты до 600 м. Исследователи относят эту равнину к африканской поверхности выравнивания (конец мела–начало палеогена) [7]. Протяженность каньона – 161 км, его ширина в нижней части достигает 27 км, а глубина – до 550 м [10]. Каньон представляет собой систему глубоко врезаемых меандр, в целом он ориентирован с севера на юг и протянулся между возвышенностями Шварцранд и Вейсранд (рис. 2А) – фрагментами Большого уступа, который на данном участке представлен тремя субпараллельными поднятиями. Формирование каньона тесно связано с этапами развития уступа.

На рис. 2Б хорошо видны разновысотные поверхности: на заднем плане – поднятие Шварцранд (1). Ниже находится африканская поверхность выравнивания (2), в нее глубоко врезана долина р. Фиш (4). На бортах долины сохранились фрагменты эрозионных уровней (3). Коренные породы, в которые врезана долина, здесь имеют двухъярусное строение: крутопадающие породы кембрия срезаны и на них залегают субгоризонтальные напластования верхнего карбона. Крутизна нижних частей склонов долины достигает  $45^\circ$ , в верхних частях – это нередко отвесные уступы. Здесь активно идут гравитационные процессы – обваливание, осыпание. В днище долины накапливается большое количество снесенного со склонов обломочного материала, который в паводки выносится мощным потоком.

Одновысотные эрозионные поверхности, сохранившиеся в пределах долины, являются фрагментами древнего днища Фишривер: на них хорошо видны корытообразные участки древнего русла. Фрагменты древней эрозионной сети с пологими бортами отмечены и на правобережье реки: V-образные правые притоки Фишривер врезаются в эти морфологически слабо выраженные долины. Установлено, что в раннем плейстоцене каньона как такового еще не было, сохранившиеся эрозионные уровни (фрагменты древнего днища), видимо, относятся к концу неогена (т.е. сопоставимы с пост-африканской поверхностью выравнивания). В этот период река имела широкую корытообразную долину небольшой глубины.

Вниз по течению эрозионные поверхности становятся больше по площади и постепенно снижаются, сливаясь с современным днищем долины, а сама долина расширяется. Выположенное днище долины в среднем течении достигает ширины несколько десятков километров, в его пределах отмечены разновысотные конусообразные эрозионные останцы. То, что эта поверхность морфологически является продолжением описанных выше эрозионных уровней, позволяет нам заключить, что она также име-

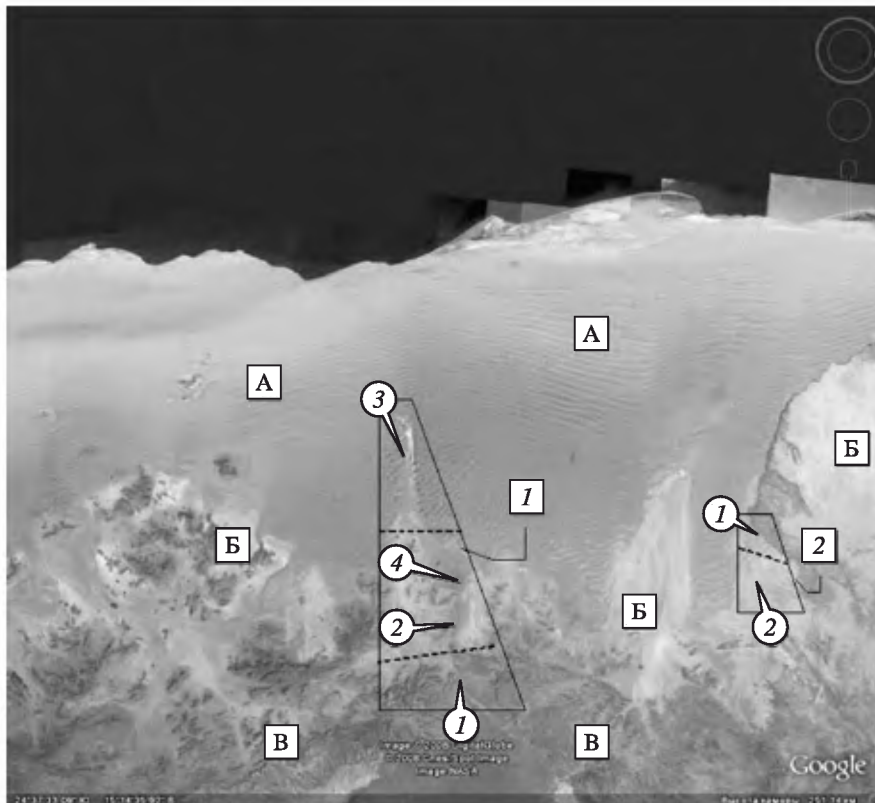


Рис. 3. Общий вид пустыни Намиб (космоснимок)

Участки пустыни: А – песчаные, Б – каменные; В – горы Науклюфт. Бассейн р. Тсочерб (1): 1 – верхнее течение реки – горы Науклюфт, 2 – среднее течение – предгорье, каменная пустыня, 3 – нижнее течение – песчаная пустыня, 4 – каньон Сесрием; бассейн р. Куйсеб (2): 1 – каньон, 2 – бедленд в предгорной части

ет неогеновый возраст и ее формирование происходило до второго (плиоцен–раннеплейстоценового) этапа поднятия Большого уступа, когда в результате смещения оси воздымания в глубь континента произошло формирование Шварцранда, повторная активизация эрозии и врезание р. Фиш с образованием каньона в верхнем течении реки. В результате раннеплейстоценового врезания долина углубилась на своем верхнем участке, где фрагменты неогенового дна со следами меандрирующего русла превратились в эрозионные террасовидные останцы. Ниже по течению современный и неогеновый уровни совместились, и нового врезания не произошло. В настоящее время врезание каньона в его верхнем течении продолжается.

Совокупное влияние воздымания уступа наряду с изменениями климатических условий отчетливо прослеживается и на примере долины р. Тсочерб, расположенной в центральной части пустыни Намиб. Эта пустыня протянулась на 1900 км вдоль Атлантического океана от города Намибе в Анголе, через всю Намибию до Капской провинции ЮАР. От побережья пустыня уходит в глубь континента на расстояние от 50 до 160 км (рис. 3), ее название на языке коренной народности нама означает “место, где ничего нет”. В прибрежной части Намиб преобладает песчаная пустыня, ближе к горам (Большому уступу) – каменная.

Намиб относится к пустыням западного побережья континентов – самым сухим; количество осадков составляет здесь от 10–13 до 50–75 мм/год. Иногда 10–15 лет проходят совсем без дождей и, за исключением нескольких прибрежных городов, пустыня

практически необитаема. В прибрежной части влагу территория в основном получает за счет тумана.

Реки, берущие начало в горах Науклюфт (близ Большого уступа) и текущие через пустыню на запад когда-то впадали в Атлантический океан, но в настоящее время в большинстве своем теряются в песках Намиб. Сейчас это преимущественно временные водотоки, которые могут течь раз в несколько десятков лет. Днища их плоские, уклоны чрезвычайно малы и практически незаметны невооруженным глазом.

Равнина Намиб разновозрастна: наиболее древние ее части созданы под воздействием эрозии в гумидном климате африканского цикла (поздний мел–ранний палеоген), на них залегают миоценовые континентальные осадки [11]. Возраст отдельных эоловых образований пустыни достигает 5 млн. лет [12]. Процесс блокирования речных долин за счет перегораживания дюнами и формирования на месте русел небольших подпрудных водоемов начался еще в миоцене.

Песчаные дюны в центральной части пустыни (близ Соссювлей) считаются самыми высокими в мире – они достигают 325 м. Что интересно, среди них встречаются и отдельные коренные останцы примерно такой же высоты и формы. Собственно здесь выделяют несколько разновидностей эоловых образований: дюны, барханы, звездчатые дюны, различные грядовые пески.

Пески пустыни Намиб гетерогенны: по своему происхождению они могут быть подразделены на аллювиальные, пролювиальные, морские и элювиальные [13]. Причем для элювиальных и пролювиальных песков характерна более темная окраска: зерна покрыты коркой гематита красноватого цвета. Скорость перемещения дюн близ побережья (в районе г. Людерица) от 90 до 360 м/год, эоловые образования двигаются преимущественно к С и СЗ под воздействием юго-западных ветров, которые особенно сильны с мая по август. В предгорной части Намиб на поверхности преобладает щебень (реже галька) и более крупный обломочный материал. Эти обломки покрыты пустынным загаром, нередко они имеют ячеистую поверхность – в виде медовых сот.

Одной из рек, которая берет начало в горах Науклюфт (1900–2000 м над у. м.), течет к Атлантическому океану и теряется в песках пустыни, является Тсочерб. Большой Уступ в ее бассейне столь эродирован, что четко не фиксируется. В пределах горного участка долина хорошо выражена, однако при выходе на предгорную равнину река расплывается и делится на рукава, которые разделены высыпками окатанного материала. В предгорной части широко представлены останцовые массивы, окруженные педиментами, а также обширные пролювиальные конусы. Местами рукава реки оказываются разделенными коренными останцами, на космических снимках хорошо видны участки внутри- и межбассейновых перестроек, которые происходят в периоды дождей. Вниз по течению реки прослеживаются три таких “многорукавных” зоны, ширина которых колеблется от 500–600 м до 2 и даже 10 км. На таких участках борта долины практически не выражены.

Близ одного из останцовых массивов высотой 200–300 м на границе с песчаной частью пустыни по нескольким рядом расположенным рукавам р. Тсочерб фиксируется молодой эрозионный врез глубиной и шириной около полуметра. Чуть ниже по течению – в месте слияния этих неглубоких врезов – отмечен эвразийский котел глубиной до 10 м при ширине 0,5 м. Далее вниз по течению долина р. Тсочерб приобретает вид каньона протяженностью около 2 км, который постепенно расширяется до 5–10 м при глубине до 20–30 м. Ниже по течению стенки каньона постепенно снижаются и выполаживаются (при этом правый борт остается несколько более крутым), по склонам прослеживаются висячие долины мелких притоков; сама долина расширяется до нескольких сот метров – такой облик она сохраняет на протяжении последующих 15 км.

Каньон прорезает толщу миоценовых (возраст около 15 млн. лет) сцементированных галечников [10, 11], переслаивающихся с песчаными и гравийными конгломератами (рис. 4). Мощность перекрывающих их более молодых отложений колеблется от 0 до



Рис. 4. Среднее течение р. Тсочиб: верховья каньона Сесрием – врез в толщу миоценовых галечников (фото автора)

0.5 м. В бортах каньона вскрываются горизонтально слоистые отложения аллювиального генезиса, механический состав которых циклично изменяется – от алевритов до галечниковых конгломератов. Врез вскрывает два таких цикла. Нам удалось осмотреть верхний слой галечников мощностью около 4 м. Это отложения рыжевато-палевого цвета, плотно сцементированные. Гравийно-песчаный заполнитель сортирован плохо, составляет 20–30% от объема толщи. Галька хорошей окатанности – 3–4 класс, с корочкой выветривания охристого цвета мощностью 1–2 см. Корка плотная, но местами расколота и отсутствует, что свидетельствует о переотложении уже выветрелой гальки из более древних осадков. В этом же каньоне вскрываются галечники, возраст которых около 65 млн. лет (поздний мел) [10]. На юге пустыни Намиб сохранилась погребенная речная сеть с раннемеловой фауной [7]. О том, что врез вскрывает древнюю речную сеть, продолжающую дренировать обширную территорию, косвенно свидетельствуют и выходы грунтовых вод в днище каньона, которые сохраняются в его наиболее глубокой части достаточно продолжительное время [14]. Недаром местное население называет эту часть долины Сесрием, что означает “шесть шкур быков, которые надо связать, чтобы достать воду”.

Ниже по течению – среди песчаной части пустыни Намиб – долина р. Тсочиб имеет абсолютно плоское днище шириной 2–3 км, заполняемое водой раз в 10–15 лет, его уклон не превышает 1–3°. Она окружена дюнами и редкими коренными останцами высотой 300–325 м. В днище долины отмечены песчаные и песчано-гравийные отложения с высыпками гальки размером 4–9 см по длинной оси с изъязвленной поверхностью, преимущественно 4 (реже 3) класса окатанности. Гальки в основном прочных пород – кварциты, долериты. Поверхность галек в виде медовых сот обусловлена значительным выветриванием материала.

Первоначально р. Тсочиб впадала в океан, пересекая пустыню, сейчас – теряет-ся в дюнах с образованием нескольких небольших конечных водоемов. В западном направлении в пределах долины постепенно появляются низкие (3–5 м) дюны преимущественно звездчатой формы, пока она полностью не перекрывается ими. После обильных дождей (как это, например, было в 1997 и 2001 гг.) на месте русла среди дюн образуются отдельные мелкие озера, или влени, которые затем высыхают. Днища влеев (аналогов среднеазиатских такыров) выстланы тонкими горизонтально слоистыми пы-

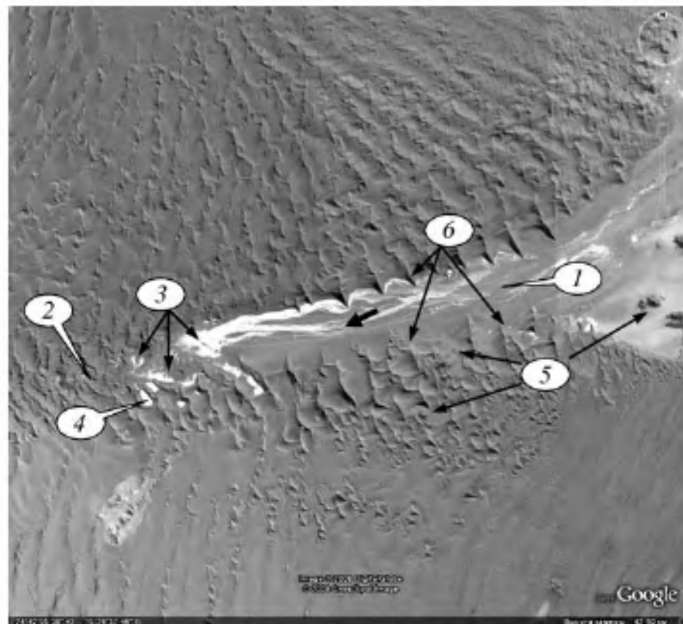


Рис. 5. Нижнее течение р. Тсочерб – река теряется в дюнах пустыни Намиб (космоснимок)  
 1 – днище р. Тсочерб в нижнем течении, жирной стрелкой показано направление стока, 2 – низкие дюны, перегородившие долину, 3 – днища влеев, 4 – отчлененный дюнами от долины (“мертвый”) влей – Дэд Влей, 5 – коренные останцы (относительные высоты около 300 м), 6 – дюны высотой 300–325 м

леватыми осадками, в сухом состоянии поверхность которых растрескивается. Иногда в днище влея можно проследить несколько разновысотных уровней (перепад высот достигает нескольких десятков см), образованных в разные паводки. В пределах влеев растут отдельные акации. Однако при перемещении дюн контуры влеев постепенно изменяются, они отчленяются от долины, вода перестает в них поступать и постепенно они оказываются погребенными под толщей песка. Самый большой “мертвый” влей в устье р. Тсочерб – Дэд Влей, вода перестала в него поступать примерно 500 л. н. и там еще сохранились стволы высохших деревьев. Конечные водоемы с белесыми глинистыми осадками и частично занесенная песками долина р. Тсочерб хорошо видны на космоснимке (рис. 5).

Видимо, врезание долины реки в ее среднем течении изначально было связано с раннемеловым этапом поднятия Большого уступа, о чем свидетельствует последующее заполнение вреза меловыми осадками. Повторное углубление было приурочено к палеогену – новый врез заполнили миоценовые осадки, сформированные за счет перемыва меловых, и включающие гальку с частично разрушенной корочкой выветривания. Галька из этих осадков, но еще раз переотложенная при формировании современного каньона и уже полностью лишенная корки выветривания, была нами обнаружена в нижнем течении р. Тсочерб – среди дюн.

Прекрасная окатанность гальки из мелового аллювия свидетельствует о его длительной и тщательной переработке в условиях равнинного рельефа. Цикличность миоценовых аллювиальных отложений позволяет предполагать резкие изменения режима реки, обусловленные как колебаниями водности, так и тектоническим режимом территории. В миоцене были сформированы и обширные предгорные аллювиально-пролювиальные конусы, прослеживающиеся вдоль Большого уступа по восточной оконечности пустыни. Формирование молодого – ныне существующего каньона – в периферической части гор на границе с песчаной частью пустыни было вызвано



Рис. 6. Эрозионное расчленение поверхности выравнивания (перевал Куйсеб, бассейн одноименной реки) (фото автора)

плиоцен–плейстоценовым поднятием территории, обусловившим заключительный этап формирования Большого уступа. Аналогичные каньоны прослеживаются и по долинам других рек к северу от долины р. Тсочерб в сходных геоморфологических условиях (по периферии Большого уступа) – например, р. Куйсеб.

В результате плиоцен–плейстоценового поднятия в периферической части гор возникли зоны активизации эрозии, где в поверхность выравнивания врезались не только отдельные каньоны, но и возникли достаточно обширные интенсивно расчлененные участки. На рис. 6 хорошо видна поверхность выравнивания в бассейне р. Куйсеб, сформированная на наклонно залегающих породах протерозоя (600–650 млн. лет) и расчлененная густой сетью временных водотоков фактически до состояния бедленда. В настоящее время, однако, водораздельные поверхности еще сохранили единый высотный уровень.

Пересыхающие водотоки не всегда завершаются небольшими котловинами конечного стока – влями – как это происходит в пустыне Намиб. В более влажных условиях саванн и полупустынь реки в сезон дождей формируют обширные конечные водоемы, достигающие площади до 200 км<sup>2</sup>. Эти специфические южноафриканские бессточные озера – пэны, высыхающие (или почти высыхающие) в сухой период года, широко распространены в пределах пустыни Калахари (по количеству осадков и характеру растительности – это, скорее, все же полупустыня) и на севере Намибии. Пэны представляют собой неглубокие депрессии различной формы и, судя по палеогеографическим реконструкциям, являются остатками обширных озер былых пльовиальных эпох. В днищах пэнов могут выходить глина, песок, различные коренные породы (в т.ч. доломиты).

Формированию обширных пэнов способствует целый комплекс как флювиальных, так и иных процессов. Среди последних мы выделим следующие: 1) тектоника – в т.ч. перекося дренажных систем, 2) ветровая эрозия – дефляция и 3) поверхностное и подземное растворение пород (карст). Заполняющая пэны в сезоны дождей вода усиливает выветривание в днище. После испарения воды в сухой сезон ветер выносит продукты дезинтеграции из котловин, в результате чего уровень днища постепенно понижается и котловины с течением времени “растут”, расширяясь по площади и глубине.

Один из наиболее крупных пэнов – Этоша пэн – находится на севере Намибии, почти на границе с Анголой; его протяженность около 130 км при ширине 32 км. Этоша в переводе означает “Великое Белое Место” или “место сухой воды”. Это бессточный водоем, заполняющийся осадками текущих с севера водотоков Ошигамба и Экума, пересыхающих в сухой сезон. По периферии водоема сохранились фрагменты

озерных террас, сложенных песчано-глинистыми осадками, которые расположены в несколько ярусов до высоты 23 м. Наличие этих террас свидетельствует о некогда более высоком уровне воды, обусловленном как иными климатическими условиями, так и поступлением осадков из бассейна верхнего течения р. Кунене, впоследствии перехваченной и ныне несущей свои воды в Атлантический океан [15]. В настоящее время большую часть года основная часть котловины сухая, вода остается только в центре, но она содержит большое количество соды и для питья не пригодна.

Южная граница пэна ориентирована с ЮЗ на СВ и имеет прямолинейные очертания, что позволяет говорить о ее тектонической природе. О наличии тектонического нарушения свидетельствуют и приуроченные к ней многочисленные места разгрузки пресных грунтовых вод. По периферии пэна выходят доломиты, на которых сформирована каолиновая кора выветривания белесо-палевого цвета видимой мощностью до 3–5 и более м. В обводненной части белесые глинистые осадки имеют мощность не менее 0.5 м.

Бесспорно, огромную роль в преобразовании котловины пэна также сыграл ветер. Если в эпохи и периоды повышенной влажности здесь преобладают карстовые процессы, абразия, химическое выветривание, то в засушливые этапы доминирует дефляция: ветер легко выносит подготовленный выветриванием тонкий материал, способствуя дальнейшему расширению и углублению котловины.

Если мы переместимся от западного побережья Южной Африки несколько в глубь континента, наше внимание привлечет еще ряд интересных объектов, наиболее крупным из которых является дельта р. Окаванго на СЗ пустыни Калахари (Ботсвана). Р. Окаванго берет начало в центральной части Анголы и течет на юго-восток, протяженность реки около 1500 км, годовой объем стока – от 10 до 18.5 млрд. м<sup>3</sup> [10]. Близ границы Ботсваны и Намибии река прорезает кварциты, которые выходят в ее русле и образуют пороги Попа. Однако ниже порогов она разбивается на ряд рукавов и формирует обширное плоское заболоченное днище шириной 10–15 км и протяженностью около 100 км, называемое Пэнхэндл, далее переходящее собственно в обширную многорукавную дельту площадью около 15 тыс. км<sup>2</sup>.

Дельта реки состоит из сотен извилистых рукавов, разделенных низкими аллювиальными террасами, сложенными тонкими четвертичными песками (рис. 7). Уклоны реки здесь столь малы, что перепад высот на расстоянии в несколько сот километров – от внутренней части дельты до ее периферии (между Пэнхэндл и Мауном) – всего 50 м. Средняя скорость течения – примерно 1 м/день, т.е. вода доходит до внешнего края дельты в среднем за 4 месяца [12]. За это время большая часть ее (по различным оценкам от 50 до 95% [1]) испаряется, остальная просачивается в пески.

В кайнозое р. Окаванго впадала в гигантское озеро, которое около 1 млн. л. н. высохло, оставив после себя ряд крупных пэнов. Современный климат данной территории семиаридный (табл.), видимо он был близким на всем протяжении кайнозойской истории, но ландшафты реагировали даже на небольшие изменения интенсивности и количества осадков, и уровни существовавших озерных водоемов в Калахари, в т.ч. куда впадала река, значительно менялись.

Однако формирование внутренней дельты обусловлено не только климатическими причинами, но и тектоникой. На космическом снимке (рис. 7) хорошо видно, как сводовое поднятие СВ ориентировки и древняя рифтовая впадина в его центре, омоложенная в неоген–четвертичное время, перегородили путь реке и способствовали формированию огромной внутренней дельты на участке впадины [2, 8]. Плечи впадины продолжают подниматься и в настоящее время, что обусловило, в частности, образование порогов Попа в русле реки (на северо-западе), а также отчетливо фиксируемое постепенное осушение болот на юго-востоке – в районе Савути (нац. парк Чобе) [12].

Если проследить продолжение этой впадины на северо-восток, то при ее пересечении долиной р. Замбези в последней наблюдается обширное четковидное расширение. На этом участке река расплывается и делится на несколько рукавов общей шириной

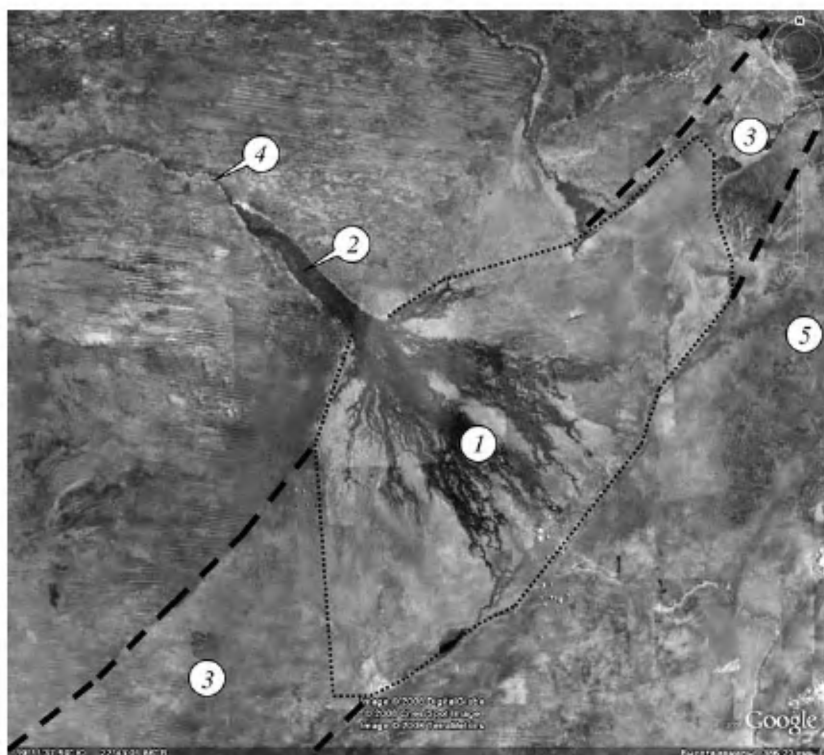


Рис. 7. Дельта р. Окаванго (космоснимок)  
 1 – дельта р. Окаванго (граница показана пунктиром), 2 – Пэнхэндл, 3 – омоложенная рифтовая впадина (граница показана жирным пунктиром), 4 – пороги Попа, 5 – национальный парк Чобе (Савути)

более полутора километров, поворачивает на юг и затем обрушивается в трещину протяженностью около двух км (рис. 8). Попадающий в глубокую (около 110 м) и узкую (всего 50–100 м) трещину поток воды с расходом в сезон дождей до 559 млн. л/мин образует мириады брызг и над водопадом постоянно висит облако, которое видно почти за 30 км. В трещине река поворачивает на ВЮВ и далее течет по узкому (местами всего около 20 м) зигзагообразному каньону глубиной до 250 м, прорезанному в столбчатых базальтах поздне триасового–раннеюрского возраста. Общая протяженность каньона р. Замбези достигает 200 км. Образование каньона подобной формы на данном участке обусловлено существованием двух систем диагональных трещин в базальтовом покрове – ВЮВ и ЗЮЗ направления, определяющих плановые очертания этого фрагмента долины.

Формирование базальтового покрова в позднем триасе–ранней юре завершило рифтогенез Карру, а возникновение систем диагональных трещин, по-видимому, вызвано становлением более молодой Восточно-Африканской рифтовой системы. Возникновение водопада Виктория, как и всякого другого, связано с попятной эрозией реки и, вероятно, также обусловлено активизацией в кайнозое юго-восточного обрамления описанной выше древней рифтовой впадины. Однако уникальность данного водопада связана с тем, что река падает в практически перпендикулярную своему течению глубокую трещину и при этом фронт попятной эрозии не совпадает с фронтом водопада, а находится к нему под острым углом. То есть он не перпендикулярен течению (как это бывает обычно), а идет по системе описанных выше диагональных трещин. Кроме того, протяженность фронта активной эрозии не сопоставима с шириной водопада и составляет всего от 3–5 и до 20–100 м на разных участках и зависит от ширины трещины и этапа развития водопада.

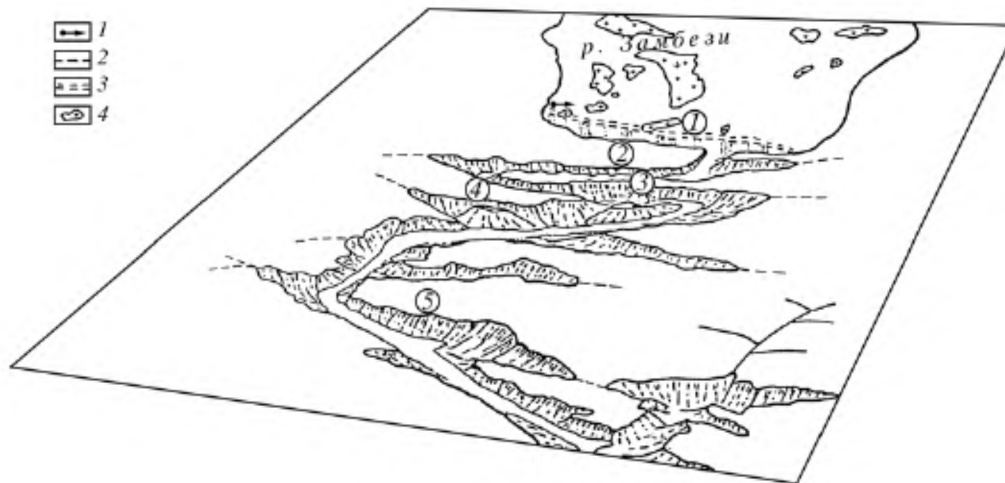


Рис. 8. Схема строения долины р. Замбези у водопада Виктория (по [7])  
 1 – направление современной попятной эрозии, 2 – ориентировка трещин в базальтах, 3 – фронт водопада, 4 – острова в русле р. Замбези.  
 Цифры в кружках – положение фронта водопада на разных этапах развития

В настоящее время эрозия идет у западной оконечности водопада – по протоке Дьявола и фронт отступления ориентирован с севера на юг, в то время как фронт водопада – с ЗСЗ на ВЮВ. Через некоторое время фрагмент новообразованной в результате эрозии трещины-каньона перехватит ряд последующих протоков р. Замбези и водопад будет иметь два фронта падения, ориентированных под углом друг к другу и разделенных выступом базальтов между старой и новой трещинами. Когда эрозия проработает новую трещину до конца, фронт водопада будет ориентирован не с ЗСЗ на ВЮВ (как сейчас), а строго с З на В. Подсчитано, что с момента появления человека в этом регионе в среднем плейстоцене водопад таким образом отступил не менее, чем на 8 км [7]. Очевидно, что хотя Замбези и не пересыхает даже в периоды максимальных засух, ее водность подвержена значительным колебаниям и отдельные протоки, по которым идет в данный момент попятная эрозия, могут высыхать. Таким образом, скорость отступления водопада также колеблется в широких пределах.

### Выводы

Строение и особенности развития флювиального рельефа юга африканского континента свидетельствуют о существенных изменениях природных обстановок на протяжении мезо–кайнозоя. Во время периодов повышенной водности (как влажных сезонов года, так и плейстоценовых эпох) водотоки региона осуществляли и продолжают осуществлять колоссальную геоморфологическую работу – перемещают большие объемы твердого материала, подготовленного выветриванием, формируют долины и заполняют обширные озерные котловины.

Во время сухих сезонов и эпох преобладающими процессами становятся химическое и физическое выветривание и различные виды денудации, в том числе, дефляция, гравитационные процессы (обваливание и осыпание), широкое развитие приобретают эоловые процессы, чему весьма способствует разреженный растительный покров или его полное отсутствие на большей части территории.

Значительное влияние на формирование флювиального рельефа оказала и тектоника. В том числе, для развития речной сети западного побережья Южной Африки весьма существенным моментом оказалось возникновение Большого уступа по пери-

ферии юга континента. Его поэтапное поднятие со смещением оси в глубь континента нашло отражение как в строении речных долин, где сформировались глубокие врезы, так и в преобразовании прилегающих участков поверхностей выравнивания, которые претерпели интенсивное эрозионное расчленение.

Интересно отметить, что ориентировка осей основных структур, оказывающих влияние на развитие рассмотренных водных объектов, обусловлена долгоживущими разломами, так или иначе связанными как с древними рифтами Карру, так и с более молодой Восточно-Африканской рифтовой системой. То есть опосредованное влияние рифтогенеза в той или иной мере прослеживается практически по всему юго-западу континента.

Таким образом, в результате сложного влияния тектонических и природно-климатических факторов все рассмотренные водные объекты территории претерпели многоэтапную историю развития, что и нашло свое отражение в их строении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Water in Southern Africa / M. Chenje, Ph. Johnson. Harare: SADC/IUCN/SARDC, 1996. 238 p.
2. *Ананьев Г.С., Леонтьев О.К.* Геоморфология материков и океанов. М.: Изд-во МГУ, 1987. 275 с.
3. *Ананьев Г.С., Бредихин А.В.* Геоморфология материков. М.: КДУ, 2008. 348 с.
4. *Борисова О.К.* Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах северного и южного полушарий за последние 130000 лет. М.: ГЕОС, 2008. 264 с.
5. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли. М.: Недра, 1983. 280 с.
6. *Кинг Б.К.* Сравнение древних рифтов Карру и молодых кайнозойских рифтов Восточной Африки / *Континентальные рифты*. М.: Мир, 1981. С. 427–430.
7. *King L.C.* South African Scenery. Third edition. Edinburgh and London: Oliver&Boyd, 1963. 308 p.
8. *Кинг Л.* Морфология Земли. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
9. *Бондырев И.В.* Опыт геоморфологического картографирования и районирования Мозамбика // *Геоморфология*. 2000. № 3. С. 42–48.
10. *Murphy A., Armstrong K., Firestone M.D. et all.* Southern Africa / Lonely Planet. 4<sup>th</sup> edition. London: Lonely Planet Publications Pty Ltd, 2007. 812 p.
11. Физико-географический атлас мира. М.: ГУГК, 1964. 298 с.
12. *Rogers D.* Southern Africa: living landscapes. Cape Town: New Holland Publishing, 2006. 172 p.
13. *Петров М.П.* Пустыни земного шара. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1973. 435 с.
14. *Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г.* Пустыни. М.: Мысль, 1986. 318 с.
15. *Махачек Ф.* Рельеф Земли. М.: Изд-во Иностран. лит., 1961. 703 с.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию  
13.10.2009

#### ON SOME FLUVIAL LANDFORMS IN SOUTHERN AFRICA AND THEIR DEVELOPMENT UNDER CHANGING NATURAL ENVIRONMENT

E.V. LEBEDEVA

##### Summary

Natural climatic and tectonic factors had a strong impact on the Mz–Kz development of fluvial relief of the region. During the dry seasons the chemical and physical weathering, different types of denudation, gravitational and aeolian processes are predominant, while fluvial processes play subsidiary role. Phased uprise of the Large Escarpment along the periphery of Southern Africa coming along with its axis displacement into the interior of the continent caused the formation of the deep incisions in the river valleys and strong erosion dissection of the neighbouring parts of the planation surface. The faults of the ancient and recent rifts have a significant impact on the morphology of the fluvial relief.