

УДК 551.4.01:168/551. 435.1 (282.262.6)

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ РУСЛА И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ НА р. НИГЕР (ЗАПАДНАЯ АФРИКА)

© 2021 г. Н. Н. Назаров^{1,*}, Б. Диарра¹, Д. А. Дремин¹

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

*E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

Поступила в редакцию 10.08.2020 г.

После доработки 03.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

При изучении русла р. Нигер — одной из крупнейших рек субэкваториальной части Африки — были использованы критерии и подходы, применяемые в морфодинамической классификации МГУ. Главным морфодинамическим типом русла на всем протяжении р. Нигер является разветвленное на рукава русло, в котором ведущую роль играют одиночные, сопряженные и террасово-русловые разновидности русла. При этом классификация была дополнена новыми морфологическими разновидностями русел, ранее не выявленными на реках субарктического, умеренного и субтропического поясов Евразии. Это террасово-русловые и подпруженные разветвления, а также извилистые пойменные озерно-проточные и озерно-непроточные русла. Включение в классификацию “африканских” видов объясняется спецификой климатических условий субэкваториального пояса — большими различиями (в сотни раз) количества осадков между влажным и сухим сезонами.

Ключевые слова: русловые процессы, разветвленное русло, субэкваториальный пояс, внутренняя дельта

DOI: 10.31857/S0435428121020085

ВВЕДЕНИЕ

Выделение морфодинамических типов речных русел и их разновидностей — важная часть исследований при проектировании дноуглубительных и выправительных работ на судоходных участках рек, строительства мостовых переходов, водозаборов и других инженерных сооружений [1–3]. Особое значение результаты таких работ приобретают при выявлении тренда и динамики формирования пойменно-русловых комплексов, устойчивость которых во многом определяет условия жизнедеятельности людей на приречных территориях. С помощью морфодинамического анализа русловых изменений может быть установлена реакция (отклик) речной системы и на антропогенные воздействия, которые оказывают влияние на гидрологический режим и, как следствие, характер (скорость, направление) преобразования долинных геосистем [4–7].

Одной из наиболее востребованных российских классификаций типов речных русел является классификация МГУ, разработанная по материалам изучения русловых процессов на реках бывшего СССР [8–10]. Универсальность данной классификации обеспечивается в основном многочисленными примерами русловых деформаций на реках, дренирующих равнинные и горные об-

ласти на пространстве от Северного Ледовитого океана до Средней и Юго-Восточной Азии — от субарктики до субтропиков.

При всей масштабности проведенных исследований практически не изученными остаются морфодинамические типы русел рек низких широт — тропических, субэкваториальных и экваториального поясов Земли. Если для тропических главной особенностью является минимальное среднегодовое количество осадков, то для других таковой служат большие различия в количестве осадков по сезонам, достигающие нескольких десятков, а в некоторые годы — сотен раз [11]. Безусловно, подобная неравномерность в формировании водного стока не может не влиять на процессы в речных бассейнах в целом и на морфодинамику речных русел в частности, и поэтому требует специального изучения.

Апробация классификации МГУ в субэкваториальном поясе была осуществлена на примере р. Нигер — одной из крупнейших рек Африки. Допустимость и целесообразность использования именно данной многоуровневой классификации объясняется возможностью добавлять в нее дополнительные ячейки, соответствующие новым типам русла [12].

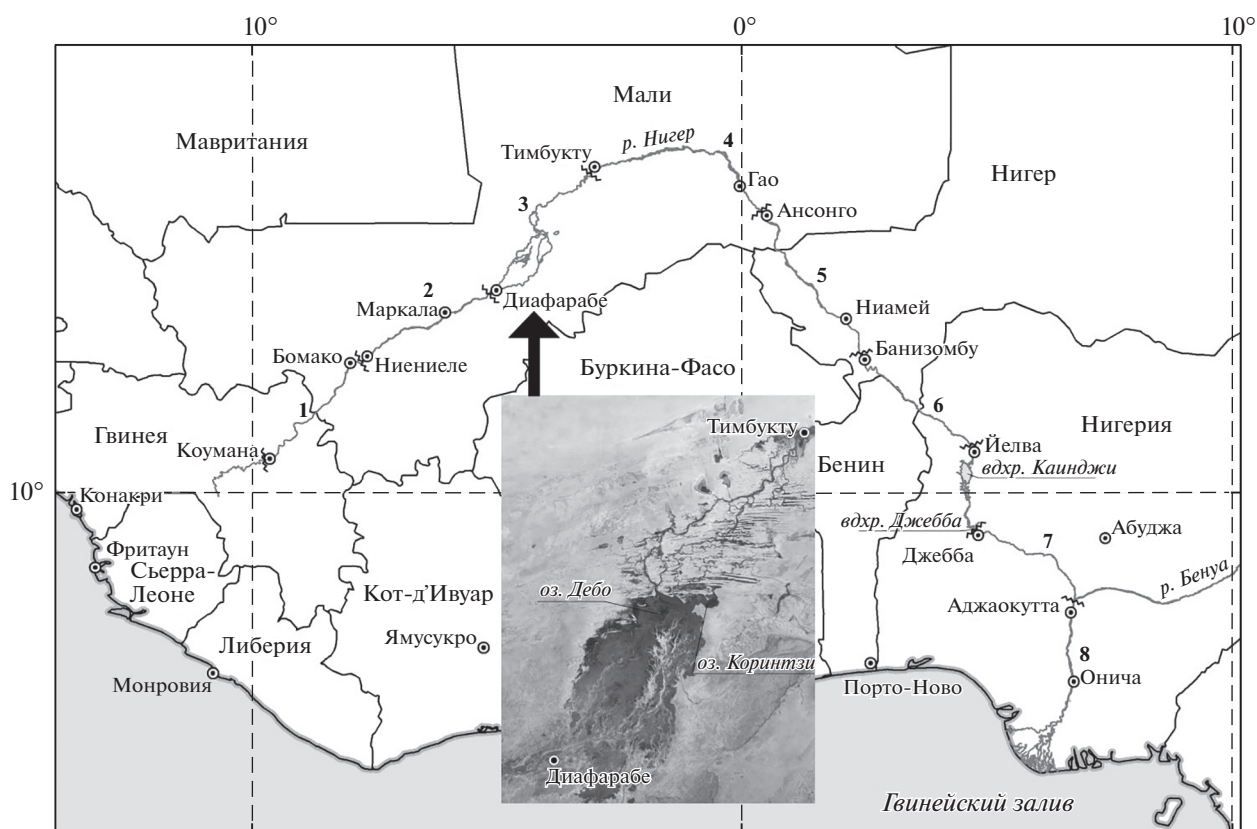


Рис. 1. Схема расположения р. Нигер и ее внутренней дельты.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нигер берет начало на северных склонах Гвинейской возвышенности в зоне влажных лесов. Пересекая в верхнем течении высокое плато, река врывается в пласты прочных осадочных пород докембрия и палеозоя. Миновав предгорья, она на коротком участке прокладывает путь по территории, сложенной осадочными породами мезозоя и неогена. Далее река формирует обширную внутреннюю дельту шириной около 130 км и площадью 78 тыс. км² (рис. 1). В зоне Сахеля и на всем протяжении широтного участка она пересекает массивы подвижных песчаных гряд — эргов, достигающих высоты первых сотен метров [13]. Нижнее течение Нигера проходит по области распространения прочных пород фундамента. В русле реки и в цоколе поймы периодически обнажаются выступы докембрийских кварцитов, гранито-гнейсов, гранитов и сланцев: обычные пороги и сужения русла. На участках выхода терригенно-карбонатных пород мезозоя и кайнозоя встречаются расширения долины до 2–4 км. Мощность неогенового и четвертичного пролювия здесь может достигать 80 м и более [14].

Климатическая обстановка на всем протяжении реки (более 4 тыс. км) претерпевает суще-

ственные изменения. В верховьях Нигера в северном направлении происходит постепенное иссушение климата — годовое количество осадков с 1500 мм уменьшается до 250 мм и сохраняет такие значения на всем протяжении широтного участка реки. После поворота реки на юг наблюдается постепенное возрастание количества осадков, которое на побережье Гвинейского залива достигает 4000 мм. Второй особенностью климата бассейна р. Нигер является уменьшение длительности дождливого сезона с юга на север. Величина испарения с поверхности водосбора в его северной части составляет 2500 мм, а в районе устья уменьшается до 1000 мм.

В связи с особенностями истории формирования гидрографической сети продольный профиль Нигера имеет несколько хорошо выраженных перегибов и ступеней (рис. 2). Причиной их образования, кроме разницы в устойчивости горных пород, стало наличие в составе современной долины фрагментов долин древних рек, направлявшихся в неогене и даже в начале четвертичного времени в разные бассейны и до определенного момента не имевших между собой гидрографической связи [15]. На основе этих особенностей формирования реки нами выделены:

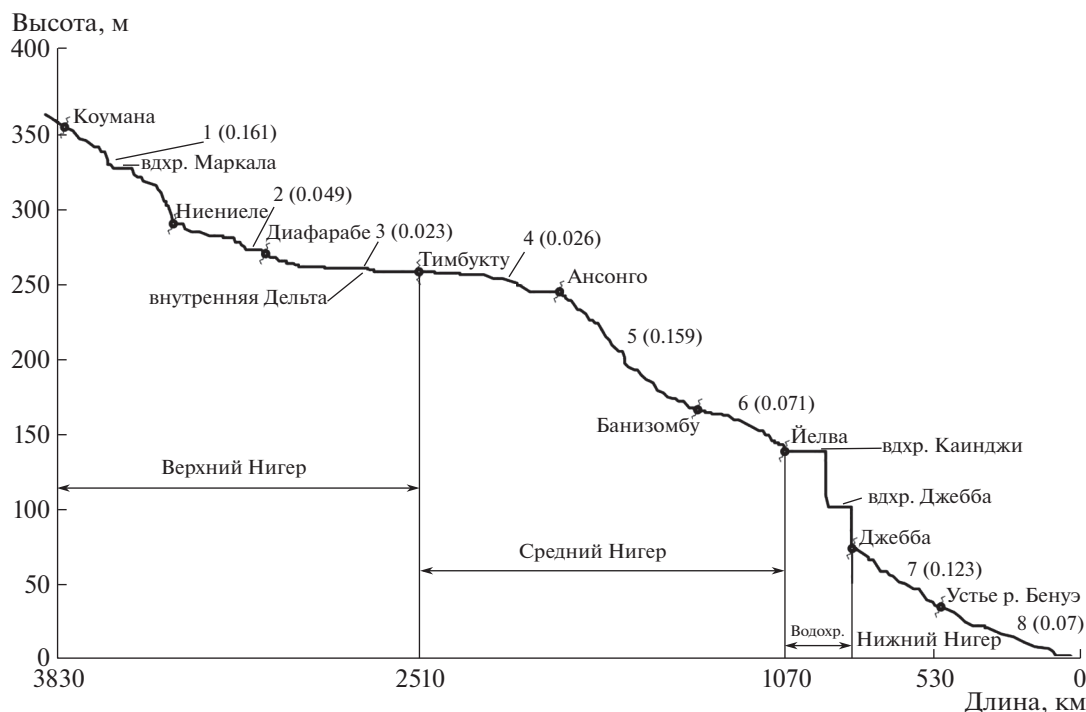


Рис. 2. Дифференциация р. Нигер на верхнее, среднее и нижнее течения с выделением на продольном профиле реки геоморфологических участков: 1, 2 ... 8 (в скобках указан средний уклон русла).

Верхний Нигер, включающий “горный” участок реки и внутреннюю дельту. Рассредоточение русла реки на множество рукавов с образованием как крупных, так и небольших, постоянных и временных водоемов происходит в днище заполненного речными отложениями бывшего древнего озера. Объединение рукавов дельты в одно русло наблюдается вблизи г. Тимбукту, где сохранились следы ответвления русла древнего водотока, уходящего на север от современного (восточного) направления долины Нигера.

Средний Нигер в верхней части представлен фрагментом молодой долины (долины прорыва), соединившей в начале четвертичного периода большую часть современной реки с Верхним Нигером. Ниже по течению, начиная с разворота реки на юго-восток, располагается участок русла, характеризующийся высокими породами докембрия и мезозоя. Заканчивается Средний Нигер верхним бьефом водохранилища Каинджи. Перед входом в водохранилище максимальный зафиксированный расход Нигера достигал 2.7 тыс. м³/с, минимальный — всего 18 м³/с. Средний расход воды составляет примерно 1 тыс. м³/с.

Нижний Нигер начинается с нижнего бьефа водохранилища (озера) Джебба, включает в себя “долину прорыва” и отрезок реки ниже устья р. Бенуа, которая из-за своей высокой водности кардинальным образом меняет масштаб и харак-

тер русловых процессов в низовьях Нигера, включая устьевую область и дельту. Во время паводков нередко являются расходы в 30–35 тыс. м³/с. Абсолютный минимум расхода, зафиксированный в 1961 г., составил 772 м³/с. Среднегодовой расход воды в устье реки составляет около 8.5 тыс. м³/с. Скорости течения потока в паводок у г. Аждакута в основных рукавах достигают 2.2 м/с, во второстепенных — 1.2 м/с. В межень средние скорости течения обычно не превышают 0.8–0.9 м/с [2].

Помимо выделения трех частей крупнейшей реки Западной Африки, в основе которого лежат в первую очередь палеогеоморфологические особенности их развития (ярко выраженная этапность формирования гидросети), следует отметить и их внутреннюю дифференциацию. Деление на участки определяется неоднородностью геоморфологических условий, которые, оказывая влияние на активность и направленность русловых процессов, определяют набор морфодинамических типов и разновидностей русел. Выделение участков русла (с разделением на 1, 2 и т.д. в направлении сверху вниз) проведено по границам сменяемости значений величин уклона на продольном профиле реки.

В процессе дешифрирования космических снимков были задействованы ресурсы Google Earth Pro, USGS, DATA.GOV, которые позволили провести визуальное распознавание морфологи-



Рис. 3. Скалистые пороги в черте г. Бамако.

ческих элементов русла, дифференцировать днище долины по составу отложений и особенностям растительного покрова пойменно-русловых комплексов [16]. Установление морфодинамического типа русла на конкретном участке реки затруднялось тем, что дешифрируемые космоснимки относились к разным сезонам года и фиксировали состояние реки во время максимального (паводок) или минимального стока.

ВЕРХНИЙ НИГЕР

От истока и до выполаживания уклонов русла, которое происходит уже за пределами Гвинейской возвышенности, река по классификации [17] относится к полугорному типу. Уклоны постепенно уменьшаются с 2–4 до 0.10–0.12‰ у поселения Коумана. Выше г. Бамако река судоходна лишь в отдельные периоды года; ниже города скалистые пороги становятся непреодолимой преградой даже для небольших судов (рис. 3). За порогами, включая и внутреннюю дельту, судоходство также осуществляется лишь в сезон высоких уровней воды [11].

В долине Верхнего Нигера выделяется от одного до трех террасовых уровней, нижний из которых чаще всего представлен узкой односторонней эрозионной (цокольной) поймой. Структура морфодинамических типов врезанного разветвленного русла на участке 1 выглядит относительно простой. Более половины длины (58%) приходится на скульптурно-аккумулятивные (одиночные и односторонние) разветвления (рис. 4).

Второе место по своей протяженности (18%) занимает нерасчлененный комплекс террасово-русловых и параллельно-рукавных разветвлений. Необходимость и целесообразность выделения террасово-руслового вида объясняются наличием фрагментов надпойменных террас в ядрах большей части островов. Подобное развитие рельефа в днище долины связано, прежде всего, с особенностью тектонического режима в бассейне реки в позднем плейстоцене и голоцене и, отчасти, с режимом прохождения руслоформирующих расхождений. Выходы кристаллических пород непосредственно в русле реки у г. Бамако и еще в ряде мест Верхнего Нигера привели к образованию особого типа русла — подпруженного разветвленного на рукава (рис. 3, 5). Изменения перед порогами начинаются постепенно. По мере формирования подпора изменяются контуры островов: они приобретают сначала форму пиры, в которой затем появляются разрывы, связанные с образованием протоков. Соответственно ближе к порогам происходит увеличение количества островов. Одновременно снижается скорость течения, возрастают глубины, активно развивается аккумуляция наносов. Из-за этого в районе г. Бамако местное население традиционно для нужд строительства добывает из русла песок.

Относительно прямолинейные неразветвленные участки врезанного русла обычно формируются ниже порогов, например, у г. Бамако и в окрестностях поселения Кумана. Суммарная протяженность русла данного типа на участке 1 составляет около 8.5%. Это следствие местного

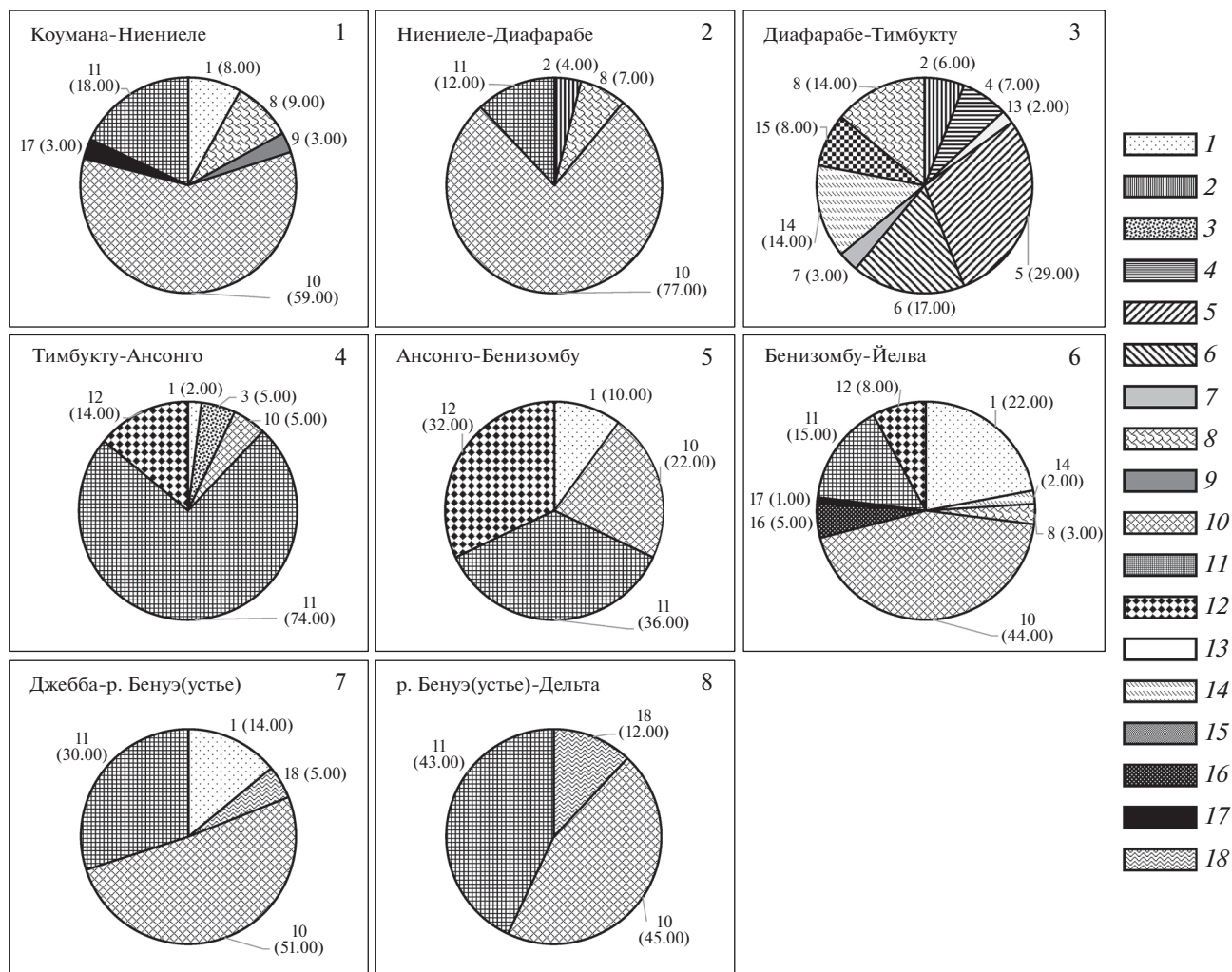


Рис. 4. Диаграмма распределения морфологических разновидностей русла р. Нигер на участках с разным уклоном водной поверхности (геоморфологических участках русла). *Морфологические разновидности русла:* 1 — относительно прямолинейные (врезанные), 2 — с односторонней поймой, 3 — односторонние разветвления (широкопойменные), 4 — пойменно-русловые разветвления, 5 — одиночные разветвления, 6 — односторонние разветвления (адаптированные), 7 — параллельно-рукавные разветвления, 8 — подпруженные разветвления, 9 — скульптурные разветвления (пороги), 10 — скульптурно-аккумулятивные разветвления, 11 — террасово-русловые разветвления, 12 — раздвоенное русло, 13 — с продольным перемещением (извилистые свободные), 14 — с продольным перемещением (извилистые вынужденные), 15 — с коренным берегом вдоль привершинной части излучин (извилистые вписанные), 16 — врезанные излучины (унаследованные), 17 — врезанные излучины (структурные), 18 — разветвленно-извилистое русло (широкопойменное).

увеличения уклонов и дефицита наносов из-за их аккумуляции в зоне подпора перед порогами.

Участок 2 Верхнего Нигера не имеет больших отличий от первого. Доля скульптурно-аккумулятивных разветвлений здесь также является самой большой (77%); на втором месте остаются террасово-русловые (почти 12%). Плотина, построенная у г. Маркала для целей ирригации, привела к подъему уровня воды на высоту 3 м (русловое водохранилище). В результате образовавшегося подпора, который не превышает высоты бровок русла, протяженность подпруженных разветвлений составила около 7% всей длины второго

участка. Увеличение обводненности поймы, состоявшееся выше гидротехнического сооружения, привело к формированию новой пойменно-русловой генерации, отличающейся от выше и ниже расположенных участков дна речной долины особенностями микрорельефа и составом растительных сообществ.

Участок 3 (Диафарабе — Тимбукту) включает в себя внутреннюю дельту — раздвоенное русло с многочисленными пойменными ответвлениями, плановые очертания которой представляют собой параллелограмм с расстоянием от крайней южной точки до крайней северной около 400 км.



Рис. 5. Подпруженное разветвленное русло у г. Бамако (URL: <https://www.istockphoto.com/ru>).

Дельта состоит главным образом из разделенных на рукава извилистых русел. Ширина поймы достигает до 125 км, протяженность главного русла Нигера составляет около 600 км, а падение — 12 м (около 0.09‰). Выделяют две зоны дельты: верхнюю и нижнюю [18]. Верхняя — от первого узла раздвоения русла и до озер Дебо и Коринтзи — представлена обширной поймой с прибрежными лугами, расчлененной сложной сетью притоков, на которых местным населением традиционно строятся пруды. Нижняя зона протягивается от центральных озер до г. Тимбукту (рис. 1). В ней выделяются три главных и несколько второстепенных русел, дренирующих массив распространения дюн широтного направления. Междюнные понижения аккумулируют воду в периоды паводков в виде периферийных озер.

По морфологии третий участок значительно отличается от первого и второго. На всем его протяжении встречается 9 видов русел, что объясняется повсеместным развитием здесь рыхлых (аллювиально-озерных и эоловых) четвертичных отложений. Установлено, что в дельте остается от 26 до 54% наносов, поступающих в нее на входе, а их объем колеблется от 0.15 млн т. в маловодные годы и до 3 млн т. при повышенном стоке [19].

Из тех разновидностей русла, которые встречаются также на первом и втором участках верхнего Нигера, во внутренней дельте самая высокая доля приходится на одиночные (29%) и односторонние разветвления (около 17%). Пойменно-русовые и параллельно-рукавные разветвления составляют всего около 7 и 3% соответственно. Только во внутренней дельте рукава имеют извилистые русла, образующие сегментные излучины. Суммарная доля их протяженности составляет

около 22%. Встречаются они как на широкопойменных участках реки, так и вдоль высоких надпойменных террас и скоплений эоловых песков, расположенных по периферии. Около 14% в дельте подпруженных озерно-проточных русел. Особый режим процессов делает морфологический облик русел данной разновидности отличающимся от других участков (рис. 6). Данная разновидность подробно описана на примере р. Янцзы, расположенной в субтропическом поясе Китая [20].

В отличие от верхней зоны дельты нижняя представлена тремя главными руслами. Характер общей дренированности поймы здесь меняется. Резко возрастает степень извилистости главных и множества пойменных ответвлений. Для двух этих разветвлений ведущим морфологическим видом становятся извилистые пойменные озерно-непроточные (слепые) и/или пойменные озерно-проточные разветвления. Причины их образования и дальнейшего исключения из русловой сети р. Нигер (в том числе и из наших расчетов доли разновидностей русел) заключаются в мощном геоморфологическом эффекте эоловых гряд субширотного направления. В процессе своего формирования они «уводили» ответвления в сторону от общего направления реки, часто образуя в лабиринтах эоловых образований непроточные постоянные и временные водоемы (озера).

СРЕДНИЙ НИГЕР

Ниже г. Тимбукту Нигер собирается в одно русло, имеющее небольшой уклон на протяжении почти 300 км до г. Ансонго (участок 4). До поворота на ЮВ врез незначителен, что объясняется молодостью образования субширотного участка. Он сформировался в результате прорыва реки,

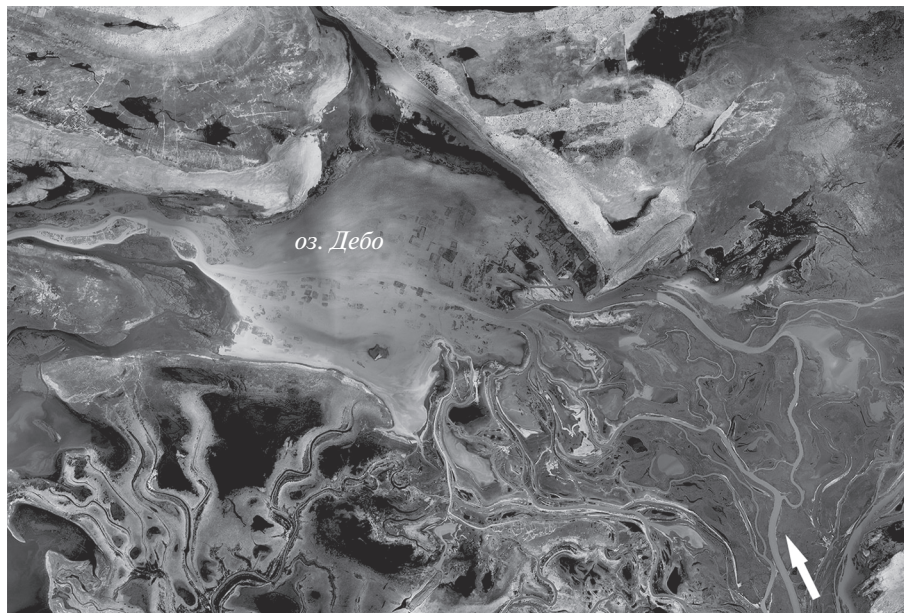


Рис. 6. Подпруженное пойменное озерно-проточное русло во внутренней дельте р. Нигер.

ранее направлявшейся в непроточное озеро — смежный водосборный бассейн [15]. Последующая моделировка русла и долины в основном происходила в условиях значительной зарегулированности стока расположенными выше по течению проточными озерами и аридности местного климата. Как результат — формирование узкой цокольной поймы, развитие лишь односторонних и террасово-русловых разветвлений.

Русловые процессы резко меняются ниже скального порога, расположенного перед резким поворотом реки на юго-восток. После него пойма расширяется и до поселения Гао, где кембрийские кристаллические породы выходят на дневную поверхность, она представлена только террасово-русловыми разветвлениями. Ниже Гао происходит интенсивное врезание реки и очередное сужение поймы. Продолжая оставаться цокольной, она подвергается разнообразной моделировке, что приводит к осложнению структуры русла. Наряду с преобладающими на всем протяжении четвертого участка террасово-русловыми (74%) и скульптурно-аккумулятивными разветвлениями (5%) начинают встречаться раздвоенные (14%) и относительно прямолинейные неразветвленные русла (2%).

Участок 5 (Ансонго — Банизомбу) характеризуется увеличением уклонов с 0.026 до 0.176‰ и четко выраженной локализацией разновидностей русла. Его реакция на пересечение выходов докембрийских кристаллических пород — появление протяженных участков раздвоенного русла (32%) на фоне террасово-русловых (36%) и скульптурно-аккумулятивных (22%) разветвлений. Око-

ло 10% всей длины участка приходится на относительно прямолинейное неразветвленное русло.

Начало **участка 6** фиксируется по хорошо выраженному выполаживанию уклона реки. Нигер здесь подпружен массивом прочных пород докембрия. Плановый рисунок русла представлен серией пилообразных излучин, расположенных друг к другу под углом около 120°–130°, между которыми находятся относительно прямолинейные фрагменты русла. Долина расширяется наиболее заметно после примыкания слева трех крупных суходолов — древних долин плейстоценовых эпох мезозоя и кайнозоя. В современных условиях суходолы пропускают лишь временные водотоки, образующиеся в периоды выпадения сезонных осадков. Мощные толщи аллювия и коллювия, поступившие в долину Нигера в основном от левобережных притоков, сформировали ее широкое днище. По нему параллельно самому Нигеру проходят русла временных водотоков, берущих начало в вершинах суходолов (рис. 7). Современное развитие русловых процессов на общем фоне врезания привело к образованию узкой цокольной поймы; доминирующим морфодинамическим типом русла являются разветвленные на рукава русла. Наибольшее распространение имеют скульптурно-аккумулятивные (одиночные) (43%) и террасово-русловые (параллельно-рукавные) (15%) разветвления. Относительно прямолинейные неразветвленные русла и раздвоенные составляют соответственно 22 и 8%.

Повышенная мощность рыхлых отложений на отдельных участках долины и прямое (блокирующее, преграждающее и др.) воздействие аллюви-



Рис. 7. Формирование русловой сети временных водотоков, параллельной р. Нигер.

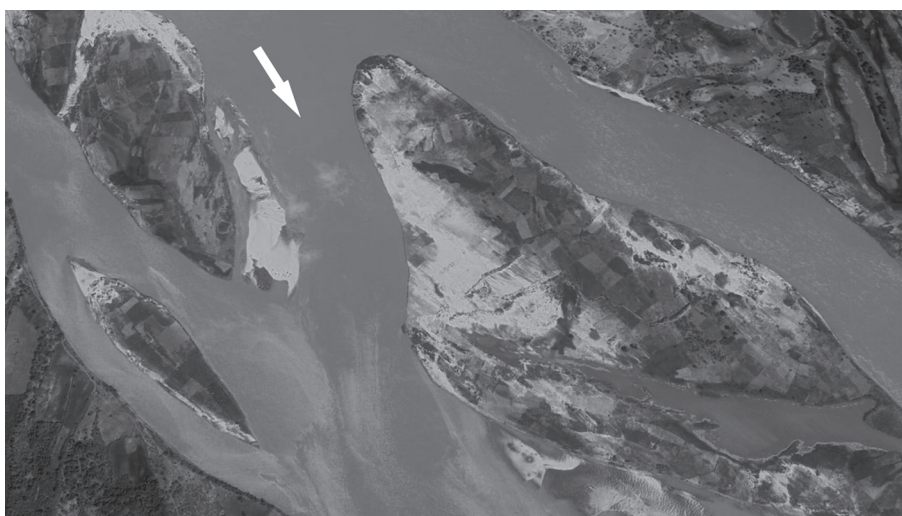


Рис. 8. Острова, использующиеся для ведения сельскохозяйственных работ на Нижнем Нигере.

ально-коллювиальных отложений, поступающих в нее из левобережных суходолов, стали причинами развития здесь разновидностей русла, до этого не встречавшихся на Среднем Нигере: врезанных унаследованных и структурных излучин (соответственно 5 и 1%), извилистых (2%) и подпруженных (3%) разветвлений.

НИЖНИЙ НИГЕР

Начиная от г. Джебба, расположенного в нижнем бьефе одноименного водохранилища, и до устья р. Бенуа разветвленное русло Нигера формируется в широком днище долины. От 60 до 90%

его площади приходится на острова, представленные надпойменными террасами, активно используемыми для сельского хозяйства (рис. 8). Собственно пойма относительно узкая и редко превышает 2–3 ширины русла. Фрагменты широкой поймы, в которой формируются сегментные излучины и веерные разветвления, крайне редки. На **участке 7** наиболее распространены скульптурно-аккумулятивные разветвления (51%). Участки реки с террасово-русловым разветвлением также составляют внушительную часть в составе данного морфодинамического типа русла (30%). Доля относительно-прямолинейных неразветвленных русел, как и для всего региона, отличаю-

щегося активной тектонической деятельностью, составляет 14%. Отличительной особенностью Нижнего Нигера стало появление в структуре морфологических разновидностей разветвленно-извилистого широкопойменного русла (5%).

Участок 8 начинается ниже устья р. Бенуа и рассматривается нами до начала устьевой дельты — первого раздвоения на два русла, самостоятельно впадающих в море. Осредненные значения измеренных уклонов водной поверхности у г. Аджакута в конце 50-х годов прошлого столетия приведены в работе [2]. На подъеме половодья средний уклон в период проведения исследований составлял 0.094‰ и практически не менялся по длине реки. На пике половодья уклон возрастал до 0.107‰. Измерения, проведенные в этом же районе конце 1970-х годов, показали, что в межень средний уклон составляет 0.04–0.045‰, незначительно меняясь лишь в зависимости от устойчивости и местоположения аккумулятивных форм в русле реки. На протяжении первых 60 км долина Нигера врезана в отроги плато Джос и имеет относительно неширокое днище. Далее, начиная от г. Идах, долина резко расширяется почти до 40 км, напоминая по структуре и густоте русловой сети дельту. Рукава функционируют лишь в периоды сезонных паводков и остаются сухими большую часть года. Еще ниже по течению (через 200 км) у г. Онича долина вновь заметно сужается, после чего и начинается собственно дельта Нигера. В нижнем течении наибольшим распространением, как и в целом по реке, пользуются скульптурно-аккумулятивные (45%) и террасово-русловые разветвления (43%). На третьем месте по встречаемости находится разветленно-извилистое русло (12%), которое зафиксировано только на Нижнем Нигере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ и типизация морфологических различий в плановой конфигурации русла р. Нигер показали возможности и целесообразность применения классификации МГУ для рек, расположенных в субэкваториальном поясе Северного полушария. На ее основе выделены новые группы разветвлений. Дополнение “африканских” разновидностей объясняется климатическими условиями субэкваториального пояса: большими различиями (в сотни раз) в количестве осадков во влажном и сухом сезонах.

Неравномерность стока, продолжительные и высокие паводки, следующие за периодами продолжительной и низкой межени, а также эффект тектонического фактора, выразившийся во врезании речного русла, привели к формированию цокольной поймы почти на всем протяжении реки. Горизонтальные русловые деформации, наиболее активные при самых высоких уровнях во-

ды, приводят к формированию разветвленного русла — главного морфодинамического типа Нигера — и рассредоточению стока. Принадлежность большей части островов к фрагментам надпойменных террас послужила основанием для выделения новой разновидности русел — террасово-русловых разветвлений.

К выходам прочных пород докембрия приурочены пороги и перегибы продольного профиля. Уменьшение скорости течения перед порогами и локальное выполаживание уклонов обусловили режим затопления/обнажения островов, асинхронный с другими частями русла реки. Формирование фрагментов подпруженного разветвленного на рукава русла (подпруженного разветвления) зафиксировано в основном на Верхнем Нигере.

Особый характер разветвлений наблюдается во внутренней дельте Нигера. Наличие на севере эоловых форм в виде эргов содействовало образованию проточных и непроточных (“тупиковых”), временных и постоянных водоемов. Среди них такие крупные озера, как Дебо, Коринтзи, Оро, Фати и некоторые другие. Отличие в сезонной морфодинамике озерно-русловой системы от незарегулированных русел стало причиной формирования и выделения извилистых пойменных озерно-непроточных и извилистых пойменных озерно-проточных разновидностей русла.

Изменения геолого-геоморфологических условий и уклонов русла послужили критериями выделения геоморфологических участков на всем протяжении Нигера, но в целом не повлияли на преобладание скульптурно-аккумулятивных и террасово-русловых разветвлений на всем течении реки. Тем не менее разделение их на отдельные участки выявило разновидности следующего (второго) уровня по частоте их встречаемости. Для участка 1 (Верхний Нигер) таковыми являются относительно-прямолинейное русло и подпруженное разветвление, для участка 3 (Верхний Нигер) — одиночное разветвление, для участков 4 и 5 (Средний Нигер) — раздвоенное русло, для участка 7 (Нижний Нигер) — прямолинейное русло, для участка 8 (Нижний Нигер) — разветвленно-извилистое русло.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек. Л.: Транспорт, 1974. 310 с.
2. Беркович, К.М., Лодина Р.В., Сидорчук А.Ю. Русловой режим р. Нигер в районе сооружения металлургического завода у г. Аджакута // Эрозия почв и русловые процессы. 1983. Вып. 9. С. 127–145.
3. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Географические закономерности руслового режима рек СССР // Дина-

- мика и термина рек и водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 110–123.
4. Беркович К.М., Голосов В.Н., Панин А.В., Рулева С.Н., Чалов Р.С. Антропогенное изменение эрозионно-аккумулятивных процессов на реках России и сопредельных стран // География и природные ресурсы. 1999. № 2. С. 26–30.
 5. Беркович К.М. Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. М.: ГЕОС, 2001. 164 с.
 6. Белый Б.В., Иванов В.В., Никитина Л.Н., Чалов Р.С., Чернов А.В. Морфология и динамика русла нижней Вычегды в период активных дноуглубительных работ и после их прекращения // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. Вып. 13. С. 146–183.
 7. Назаров Н.Н., Чернов А.В. Особенности проявления и оценка интенсивности горизонтальных русловых деформаций на реках Пермского Прикамья // Геоморфология. 1997. № 2. С. 55–60.
 8. Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с.
 9. Алексеевский Н.И., Чалов С.Р. Структура русловых разветвлений // Геоморфология. 2004. № 3. С. 57–66.
 10. Турыкин Л.А., Чалов Р.С. Распространение морфодинамических типов русел рек на территории Северной Евразии // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 5–11.
 11. Черч Р.Д. Западная Африка: Природная среда и ее хозяйственное использование. М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. 478 с.
 12. Чалов Р.С. О морфологическом разнообразии и типизации русел рек // Геоморфология. 2019. № 3. С. 3–18.
 13. Фицджеральд У. Африка: Социальная экономическая и политическая география ее главных районов / Под ред. И.П. Магидовича. М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1947. 696 с.
 14. Фейрбридж Ф.В. Аридность климата ледниковых эпох в Африке // Проблемы палеоклиматологии. М.: Мир, 1968. С. 224–228.
 15. Bonne K.P.M. Cenozoic Atlantic margin of Africa during the Cretaceous and the implications for sediment supply to the Equatorial Reconstruction of the evolution of the Niger River and Cenozoic Atlantic margin of Africa during the Cretaceous and the Cenozoic // Geological Society, London, Special Publications. Vol. 386. No. 1. P. 327–349.
 16. Назаров Н.Н., Копытов С.В. Использование данных дистанционного зондирования в изучении перестроек речной сети (на примере верхней Камы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 105–117.
 17. Чалов Р.С. Типы русловых процессов и принципы морфодинамической классификации речных русел // Геоморфология. 1996. № 1. С. 25–36.
 18. Bamba F., Diabate M., Mahé G., and Diarra M. Rainfall and runoff decrease of five river bassins of the tropical upstream part of the Niger river over the period 1951–1989 // Global hydrological change, EGS XXIth gen. ass., La Haye, Pays Bas, 6–10 May 1996, 16 p.
 19. Picouet C. Geodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé, le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur. Ph.D. Thesis. University of Montpellier, France.
 20. Чалов Р.С., Власов Б.Н., Лю Шугуан, Чжао Еань, Юй Вэньчоу. Специфические формы разветвленного русла р. Янцзы и их эволюция // География и природные ресурсы. 2006. № 2. С. 151–157.

Morphological varieties of the channel and the conditions of their formation in the Niger River (West Africa)

N. N. Nazarov^{a, #}, B. Diarra^a, and D. A. Dremin^a

^a Perm State University, Faculty of Geography, Perm, Russia

[#]E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

The Niger River is one of the largest rivers in Subequatorial Africa. River channel classification developed by Lomonosov Moscow State University was applied to define variations in Niger River channel. The main channel type along the River Niger is braided, conjugated, with complex of terraces. The new groups of types of river channel have been identified that were not previously identified in the Subarctic, Moderat, Subtropical zones of Eurasia. The inclusion of “African” species in this classification is explained by the large differences in rainfall between the wet and dry seasons in the Subequatorial zone. New morphological varieties are terrace braided reaches and barrage braided channel reaches, meandering floodplain lake-channel systems and floodplain lake-channel disconnected systems.

Keywords: channel processes, braided channel, subequatorial belt, inland delta

REFERENCES

1. *Rukovodstvo po proektirovaniyu korennoy uluchsheniya sudokhodnykh uslovii na zatrudnitel'nykh uchastkakh svobodnykh rek* (Guidelines for the design of a radical improvement of navigable conditions on difficult stretches of free rivers). L.: Transport (Publ.), 1974. 310 p.
2. Berkovich K.M., Lodina R.V., and Sidorchuk A.Yu. *Ruslovoi rezhim r. Niger v raione sooruzheniya metalur-*

- gicheskogo zavoda u g. Adzhaokuta* (River channel regime Niger in the area of construction of a metallurgical plant near Ajaokuta). *Eroziya pochv i ruslovye protsessy*. 1983. No. 9. P. 127–145. (in Russ.)
3. Makkaveev N.I. and Chalov R.S. *Geograficheskie zakonovernosti ruslovogo rezhima rek SSSR. Dinamika i termina rek i vodokhranilishch* (Geographic regularities of the channel regime of the rivers of the USSR. Dynamics and terms of rivers and reservoirs). M.: MSU (Publ.), 1984. P. 110–123. (in Russ.)
 4. Berkovich K.M., Golosov V.N., Panin A.V., Ruleva S.N., and Chalov R.S. *Antropogennoe izmenenie erozionno-akkumulyativnykh protsessov na rekakh Rossii i sopredel'nykh stran* (Anthropogenic changes in erosion-accumulative processes on the rivers of Russia and neighboring countries). *Geography and Natural Resources*. 1999. No. 2. P. 26–30. (in Russ.)
 5. Berkovich K.M. *Geograficheskii analiz antropogennykh izmenenii ruslovykh protsessov* (Geographic analysis of anthropogenic changes in channel processes). M.: GEOS (Publ.), 2001. 164 p.
 6. Belyi B.V., Ivanov V.V., Nikitina L.N., Chalov R.S., and Chernov A.V. *Morfologiya i dinamika rusla nizhnei Vychegdy v period aktivnykh dnouglubitel'nykh rabot i posle ikh prekrashcheniya* (Morphology and dynamics of the lower Vychegda channel during the period of active dredging and after their termination). *Eroziya pochv i ruslovye protsessy*. M.: MSU (Publ.), 2001. Vyp. 13. P. 146–183. (in Russ.)
 7. Nazarov N.N. and Chernov A.V. *Osobennosti proyavleniya i otsenka intensivnosti gorizonta'lnykh ruslovykh deformatsii na rekakh Permskogo Prikam'ya* (Features of the manifestation and assessment of the intensity of horizontal channel deformations on the rivers of the Perm Kama region). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1997. No. 2. P. 55–60.
 8. Chalov R.S., Alabyan A.M., Ivanov V.V., Lodina R.V., and Panin A.V. *Morfodinamika rusel ravninnykh rek* (Morphodynamics of lowland river channels). M.: GEOS (Publ.), 1998. 288 p.
 9. Alekseevskii N.I. and Chalov S.R. *Struktura ruslovykh razvetvlenii* (The structure of channel ramifications). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2004. No. 3. S. 57–66.
 10. Turykin L.A. and Chalov R.S. *Rasprostranenie morfodinamicheskikh tipov rusel rek na territorii Severnoi Evrazii* (Distribution of morphodynamic types of river channels in Northern Eurasia). *Geography and Natural Resources*. 2006. No. 1. P. 5–11. (in Russ.)
 11. Cherch R.D. *Zapadnaya Afrika: prirodnyaya sreda i ee khozyaistvennoe ispol'zovanie* (West Africa: Natural environment and its economic use). M.: Izd-vo inostr. lit. (Publ.), 1959. 478 p.
 12. Chalov S.R. *O morfologicheskom raznoobrazii i tipizatsii rusel rek* (About morphological diversity and typification of river channels). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2019. No. 3. P. 3–18.
 13. Fitszheral'd U. *Afrika: sotsial'naya ekonomicheskaya i politicheskaya geografiya ee glavnykh raionov* (Africa: Social, economic and political geography of its main regions). M.: Gos. izd-vo inostr. lit. (Publ.), 1947. 696 p.
 14. Feirbridzh F.V. *Problemy paleoklimatologii. Aridnost' klimata lednikovyykh epokh v Afrike* (Problems of paleoclimatology. Aridity of the climate of ice ages in Africa). M.: Mir (Publ.), 1968. P. 224–228.
 15. Bonne K.P.M. Reconstruction of the evolution of the Niger River and implications for sediment supply to the Equatorial Atlantic margin of Africa during the Cretaceous and the Cenozoic. *Geological Society*. London: Special Publications (Publ.), 2014. Vol. 386. No. 1. P. 327–349.
 16. Nazarov N.N. and Kopytov S.V. *Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya v izuchenii perestroek rechnoi seti (na primere verkhnei Kamy)* (The use of remote sensing data in the study of restructuring of the river network (on the example of the upper Kama)). *Current Problems in Remote Sensing of the Earth From Space*. 2019. Vol. 16. No. 1. P. 105–117.
 17. Chalov S.R. *Tipy ruslovykh protsessov i printsipy morfodinamicheskoi klassifikatsii rechnykh rusel* (Types of channel processes and principles of the morphodynamic classification of river channels). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1996. No. 1. P. 25–36.
 18. Bamba F., Diabate M., Mahé G., and Diarra M. Rainfall and runoff decrease of five river bassins of the tropical upstream part of the Niger river over the period 1951–1989. *Global hydrological change*. 1996. 16 p.
 19. Picouet C. Geodynamique d'un hydrosysteme tropical peu anthropise, le bassin superieur du Niger et son delta interieur. *Hydrologie*. Montpellier: Université Montpellier II – Sciences et Techniques du Languedoc, 1999. 470 p.
 20. Chalov R.S., Vlasov B.N., Lyu Shuguan, Chzhao Ean', and Yui Ven'chou. *Spetsificheskie formy razvetvlenogo rusla r. Yantszy i ikh evolyutsiya* (The specific forms of the branched river bed. Yangtze and their evolution). *Geography and Natural Resources*. 2006. No. 2. P. 151–157. (in Russ.)