

МОРФОДИНАМИКА РУСЛА р. КОСА КАК ОТРАЖЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РАЗВИТИЯ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ТЕРРАС (БАССЕЙН ВЕРХНЕЙ КАМЫ)

© 2023 г. Н. Н. Назаров^{а, *}, В. И. Петрова^{б, **}, И. В. Фролова^{б, ***}

^аТихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

^бПермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

*E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

**E-mail: verapetrova182000@gmail.com

***E-mail: irvik13@gmail.com

Поступила в редакцию 10.05.2023 г.

После доработки 23.10.2023 г.

Принята к публикации 22.11.2023 г.

Статья посвящена выявлению особенностей развития русловых процессов в речных долинах с распространением озерно-ледниковых террас. В качестве примера выбран р. Коса — крупнейший правобережный приток верхнего течения Камы. Для дешифрирования космических снимков и получения количественной информации использовались ресурсы GoogleEarthPro и Яндекс Карты. На основе анализа элементов пойменно-русловых комплексов проведена морфодинамическая типизация русла. В качестве особенностей развития русловых процессов на участках распространения озерно-ледниковой террасы рассматривался показатель соотношения ширины поймы к ширине долины. В верхнем течении Косы (за пределами Косинской низменности) это соотношение составляет 1 : 1, в среднем — 1 : 9, в нижнем — 1 : 3. К особенностям развития русловых процессов относится расположение пояса меандрирования строго в левой прибортовой части долины, что указывает на наличие в прошлом устойчивого и продолжительного по времени смещения русла с востока на запад. Для верхнего течения реки ведущими морфодинамическими типами русла являются свободные сегментные излучины и адаптированное прямолинейное русло. В среднем течении Косы, в котором большая часть долины представлена озерно-ледниковой террасой, при сохранении ведущей роли сегментных излучин значимую роль в структуре морфодинамических типов русел уже играют вынужденные излучины. При этом наблюдается высокая доля распространения адаптированного прямолинейного русла.

Ключевые слова: надпойменная терраса, русловые процессы, морфодинамическая классификация русел, озерно-ледниковая терраса, приледниковый подпрудный водоем

DOI: 10.31857/S0869607123030102, **EDN:** NWDGJF

ВВЕДЕНИЕ

Выявление особенностей развития русловых процессов в долинах распространения озерно-ледниковых террас, кроме теоретического значения, имеет перспективы решения и ряда региональных вопросов. В частности, у геоморфологов и гидрологов-русловиков так и не сформировалось единое мнение о причинах существования явных различий в морфолого-морфометрических характеристиках элементов рельефа

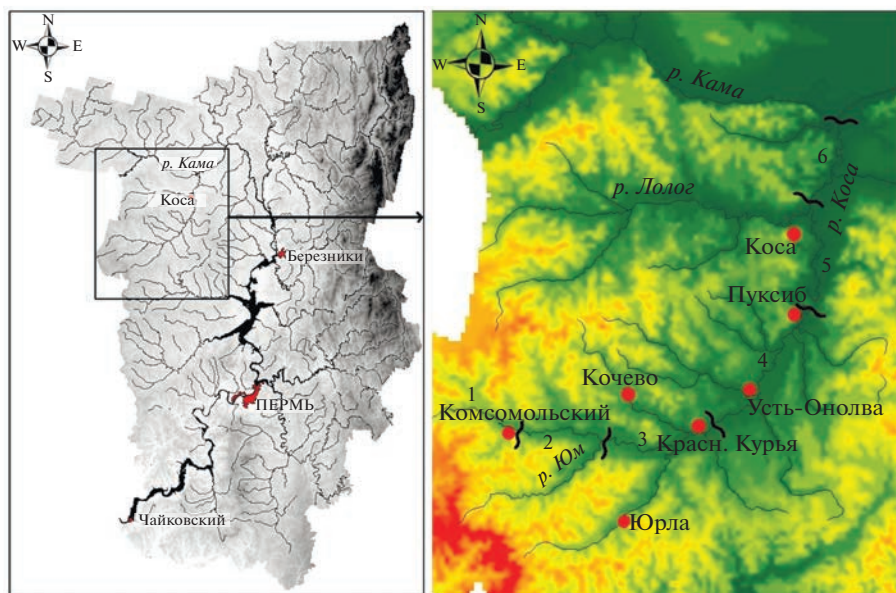


Рис. 1. Схема расположения р. Коса.

Fig. 1. The location of the Kosa river.

между пойменно-русовыми комплексами речных долин, формировавшихся в европейской части России к северу от 59° с.ш. — зоны преимущественного распространения озерно-болотных, ледниковых и водно-ледниковых отложений, и территорий, расположенных к югу от этой широты [1, 4, 7, 11]. Отличительными особенностями речных долин в бассейнах Вычегды, Печеры, верхнего течения Камы и некоторых других рек, в которых происходило образование приледниковых подпрудных водоемов, как известно, служат их значительная ширина и высокая степень заболоченности.

Для большей части долин таких рек характерным признаком также является частое развитие односторонней поймы, при которой некоторые участки коренного склона долины при наличии извилистого русла становятся морфологическими элементами излучин. Расположение одного из крыльев излучины вдоль борта долины, следуя морфодинамической классификации русел МГУ [13], служит основанием для отнесения их к элементам адаптированного русла, чаще всего к сочетанию вынужденных и собственно адаптированных (с верхним крылом у коренного берега и нижним — в пойменных берегах) излучин. Вторым примером прямого влияния коренного склона на дифференциацию русел по морфодинамическим признакам является формирование прямолинейных широкопойменных нетрансформирующихся (адаптированных) русел. В этом случае односторонняя пойма и примыкающие к ней надпойменные террасы обычно находятся в состоянии активного заболачивания, что часто становится одним из главных факторов ограничения воздействия боковой эрозии на данные геосистемы. В настоящее время у рек приледниковых областей место и роль адаптированных излучин и прямолинейных широкопойменных нетрансформирующихся русел в формировании структуры морфодинамических типов русла не определены и данный вопрос требует специального изучения.

В Пермском крае одной из таких рек, бассейн которой располагается в пределах ландшафтов, сложенных ледниковыми, водно-ледниковыми и озерно-ледниковыми

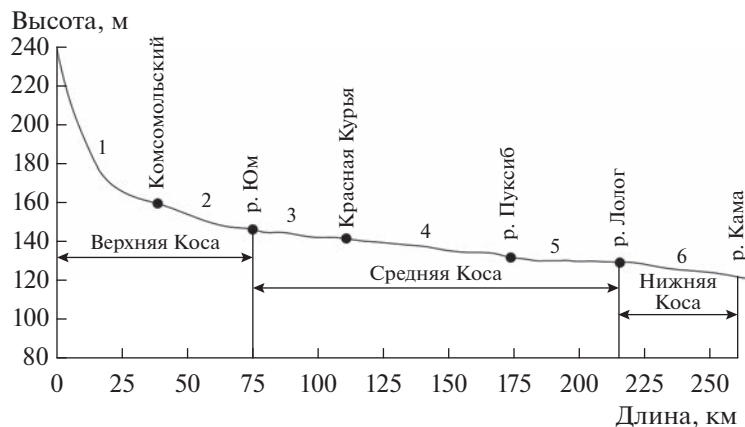


Рис. 2. Дифференциация р. Коса на верхнее, среднее и нижнее течения с выделением на продольном профиле реки геоморфологических участков: 1, 2 ... 6.

Fig. 2. The upper stream, middle stream, and downstream of the Kosa river with geomorphological sections on the longitudinal profile of the river: 1, 2 ... 6.

отложениями, а днище речной долины кроме аллювиальных комплексов представлено озерно-ледниковой террасой, является р. Коса — крупнейший правобережный приток верхнего течения Камы (рис. 1).

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ

Истоки Косы расположены на восточном склоне Верхнекамской возвышенности. Продольный профиль русла реки, выработанный и на всем протяжении не имеет резких перегибов (рис. 2). В своей верхней части река имеет субширотное (восточное) направление и по мере постепенного перехода в Косинскую низменность меняет направление на меридиональное (северное). На основе учета уклона русла, а также вклада основных притоков в объемы стока, выделяется верхнее, среднее и нижнее течения. *Верхняя Коса* ограничивается устьем р. Юм, ниже которого происходит быстрое выполаживание уклонов до значений, характерных практически для всей остальной части реки ($\approx 0.1\text{‰}$). *Среднее* течение протягивается до устья крупнейшего левобережного притока — Лолога, ниже которого, кроме весомой прибавки объема стока (более 20%), происходит небольшое увеличение уклона реки. *Нижнее* течение Косы, по сравнению с расположенными выше участками реки, отличается резким снижением количества притоков при одновременном расширении днища долины за счет увеличения ширины надпойменных террас.

Среднегодовой расход воды в Косе — $43.9 \text{ м}^3/\text{с}$. Питание бассейна преимущественно снеговое, что приводит к высоким половодьям, сменяющимся относительно низкими уровнями в меженный период. Ширина русла в среднем течении составляет 30–50 м, в нижнем течении — 70–90 м. При подъеме воды на 5 м над межennым урезом (м. у.) начинается затопление поймы и заполнение стариц на правом берегу. В долине Косы выделяется два уровня поймы, отличающихся как относительной высотой, так и характером растительности. В пределах низкой поймы, ежегодно затопляемой, широкое распространение получили молодые еще не заросшие старицы и заливные луга. Ее высота составляет 2–3 м над м. у. Высокая пойма, покрытая в основном лесом, ослож-

нена гривистым рельефом и возвышается на 4–5 м над м. у. Мощность пойменных отложений достигает 16–17 м [10].

Анализ отложений Косинской низменности указывает на то, что современная (позднеплейстоцен-голоценовая) долина Косы в среднем и нижнем течении вложена в верхнекамскую озерную террасу низкого уровня [8]. В микулинской палеодолине контуры русловых образований древнего водотока в виде прирусловых валов и грив древних больших излучин от современного русла удалены на расстояние 10–15 км. В среднем и нижнем течении Косы кроме поймы фиксируются две надпойменные террасы. Ширина первой (аллювиальной) достигает 0.5–1.5 км, второй (озерно-ледниковой), не занятой верховым болотом – 0.5–1.2 км. С учетом заболоченной части ширина второй террасы в среднем составляет 3.0–4.0 км. Отложения плейстоцена и голоцена подстилаются песчаниками, глинами и мергелями пермского возраста. Относительная высота первой надпойменной террасы 7–8 м над м. у., второй – 17–19 м над м. у. [3]. Мощность отложений первой террасы – 20–22 м. Для второй террасы данный показатель изменяется в диапазоне от 1 до 20 м.

Установлено, что прохождение руслоформирующих расходов воды (Q_{ϕ}) в реке (с. Коса) происходит в трех интервалах: два в пределах русла – нижний 406 м³/с и средний 576 м³/с, при затопленной пойме – верхний 576 м³/с. Примечательно, что для всех интервалов характерна низкая обеспеченность Q_{ϕ} – 1.2, 0.45 и 0.001%, соответственно [16].

В процессе дешифрирования космических снимков и получения количественной информации (абсолютные отметки рельефа, протяженность) были задействованы ресурсы GoogleEarthPro, Яндекс Карты и топографические карты масштаба 1 : 25000. Высокая степень разрешения материалов, находящихся в свободном доступе, позволила осуществить визуальное распознавание элементов пойменно-русловых комплексов и провести морфодинамическую типизацию русел. Все измерения проводились

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как показало дешифрирование космических снимков, основными морфодинамическими типами русла в верхнем, среднем и нижнем течении Косы, являются свободные и вынужденные излучины, а также участки с относительно прямолинейным руслом. Пойменно-русловые разветвления фиксировались в основном в верхнем течении. По преобладанию тех или иных разновидностей русла в пределах верхнего течения было выделено два участка (I, II), в среднем – три (III, IV, V), в нижнем – один (VI) (рис. 2).

Первый участок (I) включает в себя отрезок Косы с 15 по 35 км (от истока), а именно с места, где заканчивается объединение притоков по своим гидрологическим параметрам и характеристикам, близким врезанному руслу главной реки. Ширина русла на первом участке составляет 10–15 м, поймы – 80–150 м, долины – до 300 м. Соотношение ширины поймы с шириной долины составляет примерно 1 : 2, редко – 1 : 3. Уклон реки – 0.75‰. Ведущую роль в структуре морфодинамических типов и их разновидностей, определяющих направленность и активность морфолитогенеза, играют свободные сегментные излучины и участки адаптированного относительно прямолинейного неразветвленного русла (табл. 1). Первые составляют 44%, вторые – 36% всей длины пояса меандрирования. Петлеобразные излучины и пойменно-русловые разветвления составляют соответственно 19 и 1% протяженности участка.

Второй участок (II) является самым нижним в группе участков, относящихся к *верхнему* течению. Средняя ширина поймы (от пос. Комсомольский до устья р. Юм) составляет около 160 м, при ширине долины 0.2–2.0 км. Ведущую роль в структуре морфодинамических типов, как и на первом участке, играют сегментные излучины (64%) и относительно прямолинейное неразветвленное (26%) русло (рис. 3). Вписанные и

Таблица 1. Структура морфодинамических типов русла на участках р. Коса, %
Table 1. The structure of morphodynamic channel type of the Kosa river, %

Разновидности русла	Участок					
	I	II	III	IV	V	VI
Сегментные излучины	44	64	65	61	61	59
Петлеобразные излучины	19	7	—	—	—	—
Адаптированное прямолинейное неразветвленное русло	36	26	27	—	17	—
Широкопойменное прямолинейное неразветвленное русло	—	—	—	25	19	23
Вынужденные излучины	—	—	7	13	3	7
Пойменно-русловые разветвления (пойменная многоруканность)	1	—	—	—	—	11
Вписанные излучины	—	3	—	—	—	—
Излучины с верхним крылом у коренного берега	—	—	1	1	—	—

петлеобразные излучины в сумме составляют только 10% всей длины участка. Староречья в виде прорванных излучин встречаются редко. Пойма, в основном, покрыта лесом. По характеру (морфологии и морфометрии) старичных образований можно предположить, что развитие русловых процессов на втором и первом участках находится в самом начале нового этапа морфогенеза речной долины. Широкое развитие сегментных пологих излучин и прямолинейных участков вдоль пойменных берегов между вынужденными или адаптированными излучинами позволяет по степени развитости отнести их по классификации [14, 15] к III структурному уровню проявлений русловых процессов для данных морфодинамических типов русел. Проявлений ме-



Рис. 3. Относительно прямолинейные участки русла и вынужденные излучины в районе д. Усть-Янчер.
Fig. 3. The straight sections and forced bends in the area of village Ust'-Yancher.



Рис. 4. Система сложных петлеобразных, вписанных и вынужденных излучин ниже устья р. Юм.

Fig. 4. The loop-shaped bends, inscribed bends, and forced bends below the mouth of Yum river.

андрирования на более низком структурном уровне (побочные русла) не зафиксировано.

Третий участок (III) — от устья р. Юм до с. Красная Курья — относится к *среднему* течению Косы и на всем его протяжении характеризуется уклоном 0.08‰. Начиная с устья р. Юм происходят качественные изменения в морфометрии элементов речной долины. Ширина русла увеличивается до 25–30 м, поймы — до 400–600 м, долины в расширениях — до 4.7 км. Соотношение ширины поймы с шириной долины составляет в среднем 1 : 9. Среди разновидностей русел также, как и в верхнем течении Косы, лидируют сегментные излучины (65%). На втором месте находится прямолинейное неразветвленное русло (27%); на вынужденные излучины и излучины с верхним крылом вдоль коренного берега в сумме приходится 8%. Наличие крутых сегментных и сложных петлеобразных излучин позволяет отнести их к более высокому IV структурному уровню развития руслового процесса для данного морфодинамического типа русла (рис. 4). Увеличение развитости речных излучин, по-видимому, обусловлена постепенным выполаживанием уклона продольного профиля русла и, как следствие, снижением активности донной эрозии при одновременном повышении эрозионного воздействия за счет боковой эрозии.

Четвертый участок (IV) — от с. Красная Курья до пос. Пуксиб — характеризуется расширением русла Косы до 40–50 м, поймы — до 700 м. При средней ширине долины около 4.5 км, в устье р. Онолва достигает 6.4 км. Соотношение ширины поймы с шириной долины в среднем составляет 1 : 9. Если на первых трех участках преобладал адаптированный тип русла, то здесь ведущим становится широкопойменный. Из разновидностей русла лидирующими по протяженности остаются сегментные излучины (61%) и прямолинейное неразветвленное русло (25%). Вынужденные излучины составляют 13%. Доля излучин с верхним крылом вдоль коренного берега не превышает 1%. По сравнению с третьим участком свободные сегментные излучины здесь более пологие, а петлеобразные и прорванные встречаются реже (рис. 5). Практически на

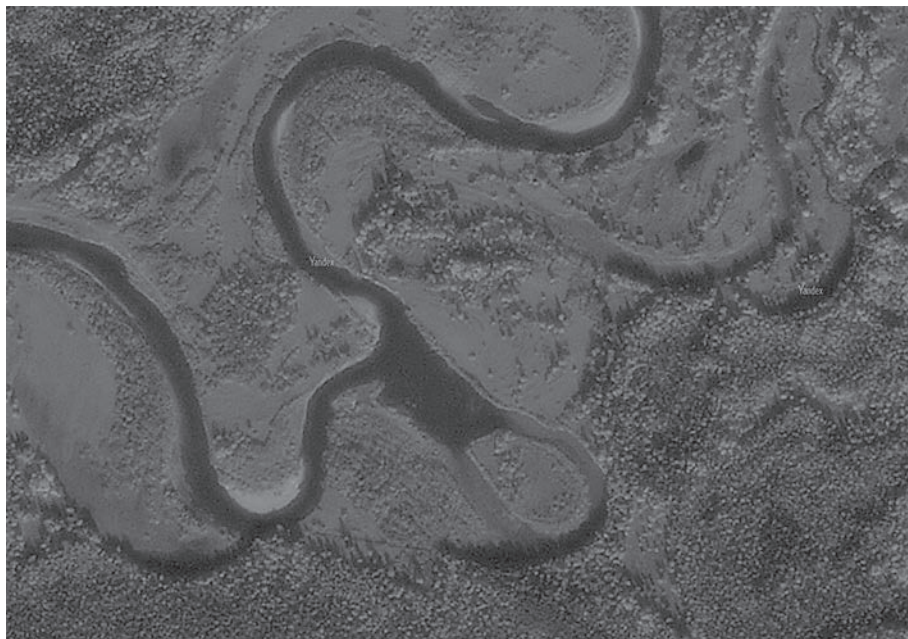


Рис. 5. Образование затона в месте прорыва петлеобразной вписанной излучины ниже с. Усть-Онолва.

Fig. 5. The formation of a backwater in the place at the avulsion of a loop-shaped inscribed bend below village Ust'-Onolva.

всем протяжении участка поймы является односторонней, а левый борт долины становится склоном, вдоль фронта которого происходит расширение долины в результате воздействия русловой (боковой) эрозии. С противоположной правой стороны поймы на поверхности первой надпойменной террасы в некоторых местах хорошо читаются очертания палеорусел Косы в виде пологих спаренных гряд с признаками первичного заболачивания между ними. Значительно масштабней процесс активного заболачивания наблюдается в пределах второй надпойменной террасы. Обширные по площади минеральные острова среди верхового болота, часто имеющие дугообразную форму с одной из сторон, указывают на местоположение древних староречий, контуры которых из-за локальной смены степени увлажнения и состояния болотной растительности часто "просвечивают" через торфяные толщи (рис. 6).

Пятый участок (V) — от пос. Пуксиб до устья р. Лолог — при сохранении средних параметров русла в 40–50 м отличается от выше расположенного участка резким приростом средней ширины поймы — 1.5 км. Ширина долины реки в этом месте колеблется в пределах 4.5–8.0 км. Соотношение ширины поймы с шириной долины в среднем составляет 1 : 7. Сегментные излучины, как и на всех других участках Косы, лидируют среди основных разновидностей морфодинамических типов (61%). Широкопойменные и адаптированные прямолинейные неразветвленные русла по своей протяженности имеют примерно равное соотношение — 19 и 17% соответственно. Замыкают список основных разновидностей русла вынужденные излучины (3%). В отличие от четвертого участка на пятом участке наблюдается более высокая степень развитости излучин. Пойменные староречья часто имеют петлеобразную форму и представляют собой очень молодые старицы, еще сравнительно недавно являвшиеся действующими излучинами реки. Древние элементы русловой сети в пределах надпойменных террас

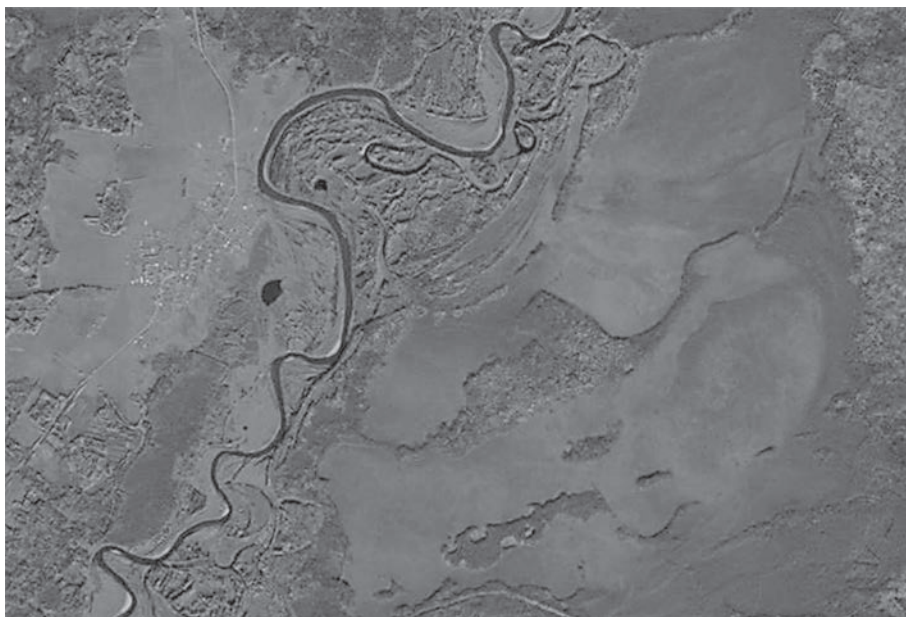


Рис. 6. Фрагменты(контуры) староречий в пределах надпойменных террас у с. Пуксиб.

Fig. 6. The fragments (contours) of old channel within the fluvial terrace above floodplain near the village Puksib.

по своей морфологии и морфометрии в целом соответствуют параметрам, характерным и для четвертого участка. В пределах надпойменных террас верховое болото является ведущей геосистемой в структуре природных комплексов долинного ландшафта.

Шестой участок (VI) — от устья р. Лолог до устья р. Камы — характеризуется увеличением значений параметров морфометрических характеристик речного русла и элементов речной долины. Ширина русла Косы колеблется в интервале 85–100 м, поймы — 2.0–3.0 км, речной долины — 6.0–9.0 км. Соотношение ширины поймы с шириной долины в среднем составляет 1 : 3. Ширина пояса меандрирования здесь практически двукратно превышает этот параметр на пятом участке и достигает 1.5–2.5 км. Ведущее положение в структуре разновидностей русла ожидаемо занимают сегментные излучины (59%) и широкопойменное прямолинейное неразветвленное русло (23%). Вынужденные излучины составляют всего 7%. Отличительной чертой в структуре морфодинамических типов по сравнению со всеми другими участками верхнего и среднего течения Косы является достаточно высокая доля пойменно-русловых разветвлений (11%). Самая нижняя часть участка, в отличие от расположенных выше по течению пойменных геосистем, располагается уже в пределах двухсторонней поймы. При этом большая часть правобережного участка дна долины вплоть до соединения с пойменно-русловыми комплексами Камы представлена массивом верхового болота, на поверхности которого хорошо опознаются элементы древней эрозионной сети и располагаются “остаточные” озера (рис. 7).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ распределения морфодинамических типов русла Косы на отдельных участках реки указывает на неоднородность их состава в верхнем, среднем и нижнем тече-

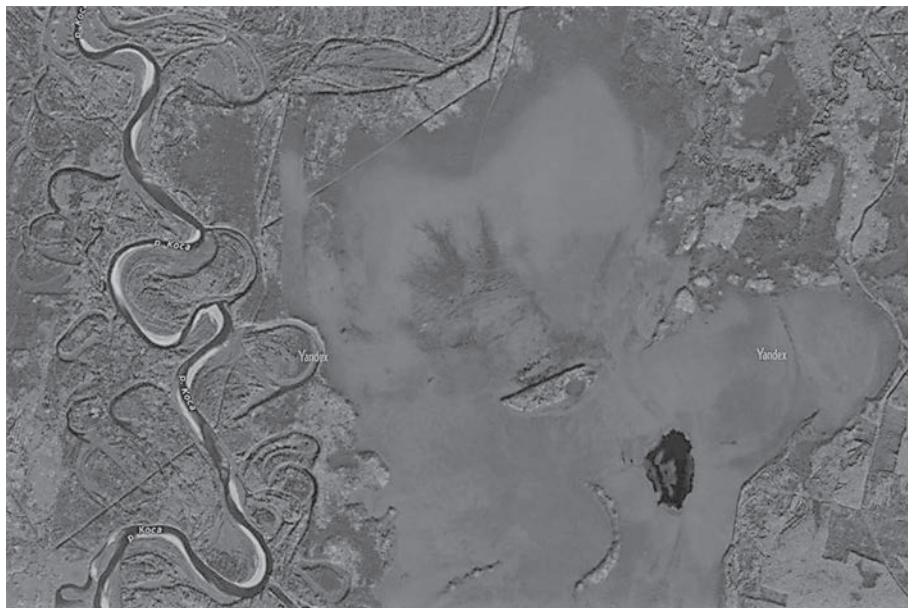


Рис. 7. Проявления элементов староречий Косы в болотном массиве палеодолины.

Fig. 7. The manifestation of Kosa old channels in the swamp area of the paleovalley.

нии. Объединяющим моментом в структуре русел реки на всех ее участках является безусловное лидерство свободных сегментных излучин.

Основное отличие всех трех участков среднего течения от участков верхнего течения состоит в резком смещении пояса меандрирования в сторону левого борта долины и активном заболачивании правобережной и центральной зон дна долины. Характерным признаком третьего и пятого участков является широкое распространение в них односторонней поймы. Примечательно, что резкое возрастание ширины долины в пределах четвертого и пятого участков, расположенных уже в пределах Косинской низменности, по-видимому, стало одной из причин резкого возрастания доли отрезков реки с широкопойменным прямолинейным неразветвленным руслом.

В среднем течении Косы пойма в отличие от залесенной поймы в ее верхнем течении представлена в основном лугами и староречьями в виде петлевидных прорванных и крутых спрямленных излучин. Размеры излучин, образование которых, по-видимому, относится к предыдущему этапу развития речной долины, в целом, меньше современных, но при этом пояс их меандрирования в 2–3 раза превышает его современные параметры.

Для шестого участка, который в единственном числе представляет нижнее течение реки, главной особенностью является резкое возрастание доли пойменно-русловых разветвлений. Логично предположить, что основной причиной их образования (через спрямление свободных излучин при затопленной пойме) является подпруживающий эффект Камы на приустьевом участке Косы, возникающий в периоды половодья. В остальном же набор разновидностей русла в основном соответствует структуре четвертого участка. Кроме староречий, относящихся к предшествующему и современному этапам формирования долины Косы, под толщей торфяника довольно четко проявляются фрагменты палеорусла шириной около 500 м, что в 3–5 раз превышает современные параметры русла (рис. 6, 7).

Принимая во внимание расположение бассейна Косы в непосредственной близости от границ распространения плейстоценовых покровных оледенений, одностороннее развитие долины реки в среднем и нижнем течении можно объяснить сложностью и многоэтапностью ее моделировки озерными, болотными и флювиальными процессами, включая деятельность как постоянных, так временных водотоков [8]. Сформированная в микулинское межледниковье верхнекамская озерно-ледниковая терраса в дальнейшем испытала не один этап эволюционной перестройки пойменно-русловых комплексов. Местоположение следов прирусловых грав и пойменных староречий, контуры прямолинейного русла, “просвечивающие” через толщу торфяника, четко указывают на этапность направленного смещения русла в сторону левого борта долины. Механизм скатывания русла Косы в западном направлении, при котором происходило преодоление силы Кориолиса (сила, отклоняющая реки северного полушария вправо), можно объяснить продолжительной и эффективной деятельностью эоловых процессов. Судя по размерам макроизлучин и ширине палеорусел максимальные расходы потока в отдельные периоды формирования речной долины достигали более $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ (современные значения максимального расхода воды в с. Коса составляют $453 \text{ м}^3/\text{с}$), которые являются граничным значением проявления эффекта (закона) Бэра–Бабины [2]. По заключению Р.С. Чалова [12], проанализировавшего направленность развития береговых геосистем на поймах сибирских рек, развевание (дефляция) песчаного материала на подветренной части речных долин долины способствует его переносу через водную поверхность и отложению на наветренных берегах долины. Как следствие, на них формируются эоловые формы, постепенно отжимающие русло в сторону противоположного коренного берега, что в свое время было отмечено и другими исследователями пойменных процессов [5, 6, 9]. Принимая во внимание наличие неограниченного количества песчаного материала на прилегающей к долине поверхности водораздела, перекрытого флювиогляциальными отложениями песчаного состава, и песка на прирусловых отмелях, механизм направленного развития долины по односторонней модели формирования поймы в позднем плейстоцене и начале голоцена становится вполне реалистичным. Кроме того, эоловому переносу, перерапределявшему песок с подветренной части долины на наветренную, благоприятствовали периоды активной ветровой обстановки с преобладанием восточной составляющей в регионе [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К особенностям изменения значений морфолого-морфометрических характеристик пойменно-русловых комплексов и надпойменных террас в долине р. Коса от верховьев к устью следует отнести, во-первых, соотношения ширины поймы с шириной долины на разных участках реки — в верхнем течении оно составляет 1 : 1 или близкое к этому значению, в среднем — 1 : 9, в нижнем — 1 : 3. Во-вторых, при достижении рекой Косинской низменности (среднее течение), где пойма и первая надпойменная терраса начинают врезаться в озерно-ледниковую террасу, пояс меандрирования располагается в левой прибортовой части долины, что указывает на наличие в прошлом этапа устойчивого и продолжительного по времени смещения русла в западном направлении.

Анализ и типизация морфологических различий в плановой конфигурации русла р. Коса показали наличие особенностей в структуре морфодинамических типов на участках распространения озерно-ледниковой террасы (Косинская низменность) и участках с ее отсутствием. Для верхнего течения реки (участки первый и второй), пересекающего восточные отроги Верхнекамской возвышенности, ведущими разновидностями русла являются свободные сегментные излучины и адаптированное относи-

тельно прямолинейное неразветвленное русло. В сумме их длина составляют 80–90% всей протяженности этих участков. От 7 до 19% в них приходится на петлеобразные излучины. Среднее течение Косы, в котором большая часть долины представлена озерно-ледниковой террасой, при сохранении ведущей роли сегментных излучин значимую роль в структуре морфодинамических типов русел начинают играть вынужденные и собственно адаптированные (с верхним крылом у коренного берега и нижним — в пойменных берегах) излучины — 3–14%. При этом сохраняется высокая доля адаптированного относительно прямолинейного неразветвленного русла — до 27%. Отличительной чертой участка, относящегося к нижнему течению, в котором активность и направленность русловых процессов определяется гидрологической связью с Камой (подпруживающий эффект, возникающий в устьевой части Косы в периоды половодий), является высокая доля пойменно-русловых разветвлений (11%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаинов Д.Ю., Веркулич С.Р.* Каналы стока талых ледниковых вод и возможности палеогеографических реконструкций // Изв. РГО. 1990. Т. 122. Вып. 1. С. 58–64.
2. *Дедков А.П.* Экзогенное рельефообразование в Казанско-Ульяновском Поволжье. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1970. 255 с.
3. *Демаков Д.А., Лычагина Е.Л., Зарецкая Н.Е.* и др. Косинские мезолитические стоянки в контексте истории природной среды Верхнего Прикамья в позднеледниковье и раннем голоцене // Геоморфология. 2023. № 1. С. 91–106.
4. *Зайцев В.К.* К истории современных долин рек Вишерки и Березовки (правых притоков Колвы) // Известия Всесоюз. геогр. общ-ва. 1941. Т. 73. Вып. 2. С. 287–291.
5. *Земцов А.А., Бураков Д.А.* Современные геоморфологические процессы в центральной части Западно-Сибирской равнины // Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири. Новосибирск: Наука, 1970. С. 87–99.
6. *Коротаев В.Н., Михайлов В.Н., Бабич Д.Б. и др.* Гидролого-морфологические процессы, динамика гидрографической сети и русловые деформации в дельте р. Лены // Земельные и водные ресурсы: противозерозионная защита и регулирование русел. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. С. 120–144.
7. *Лавров А.С., Потапенко Л.М.* Неоплейстоцен Печерской низменности и Западного Прикамья (стратиграфия, палеогеография, хронология). М.: ОАО “Можайский полиграфический комбинат”, 2012. 191 с.
8. *Лавров А.С., Потапенко Л.М.* Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005. 348 с.
9. *Махинов А.Н.* Эоловые формы рельефа в пойме реки Амур // Геоморфология. 2017. № 2. С. 52–62.
10. *Назаров Н.Н., Егоркина С.С.* Реки Пермского Прикамья: Горизонтальные русловые деформации. Пермь: Изд-во “Звезда”, 2004. 155 с.
11. *Рябков Н.В.* Перестройка речных систем северо-востока Русской равнины в связи с древними оледенениями этого района // Проблемы перестройки и перехвата речных долин. М., 1975. С. 59–70.
12. *Чалов Р.С.* Влияние эоловых процессов (фактора ветра) на формирование и морфологию русел и пойм равнинных рек // Географический вестник. 2022. № 2 (61). С. 6–16. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-2-6-16>
13. *Чалов Р.С.* Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
14. *Чалов Р.С., Чалов С.Р.* Структурные уровни и морфодинамическая классификация русловых разветвлений // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 3. С. 259–271.
15. *Чалов Р.С., Чалов С.Р.* Структурные уровни русловых процессов и морфодинамические типы русла // Тридцать седьмое пленар. межвуз. координац. совещание по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов. М., 2022. С. 170–173.
16. *Чалов Р.С., Штанкова Н.Н.* Сток наносов, руслоформирующие расходы воды и морфодинамические типы русел рек бассейна Камы // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. Пермь, 2000. С. 99–116.

17. Heggen M.P., Birks H.H., Heiri O., Grytnes J.A., Birks H.J.B. Are fossil assemblages in a single sediment core from a small lake representative of total deposition of mite, chironomid, and plant microfossil remains? // *Journal of Paleolimnology*. 2012. 48: 669–691.

Morphodynamic of the Kosa River Channel as a Reflection of the Direction of the Channel Processes in the Development Valleys of Glaciolacustrine Terraces (Upper Kama Basin)

N. N. Nazarov¹, *, V. I. Petrova², **, and I. V. Frolova², ***

¹*The Pacific Geographical Institute of the Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

²*Perm State university, Perm, Russia*

*E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

**E-mail: verapetrova182000@gmail.com

***E-mail: irvik13@gmail.com

Abstract—The article is devoted to identification of peculiarities of development of channel processes in river valleys with distribution of glaciolacustrine terraces. Kosa river was chosen as the largest right tributary of the upper Kama. The resources of GoogleEarthPro and Yandex Maps were used in the process of interpretation of space images and obtaining quantitative information. The morphodynamic types of a river channel was made on the basis of the analysis of elements of floodplain-channel landscape complexes. The indicator of the ratio of the width of the floodplain to the width of the valley was considered as a feature of the development of channel processes in the areas of the distribution of the glaciolacustrine terrace. This ratio is 1 : 1 at the upper Kosa river outside the Kosinskaya Lowland. It is 1 : 9 at the middle Kosa river, and 1 : 3 at the Kosa downstream. The location of the meander belt in the left of the valley side is a feature of the development of channel processes. This indicates the presence of a stable and long-term planform channel changes from the east to the west in the past. The leading morphodynamic channel types are free meanders and confined straight channel for the Kosa upper stream. In the Kosa middle stream, in which most of the valley is represented by a glaciolacustrine terrace, confined bends already play a significant role in the structure of morphodynamic types of a river channel, while maintaining the leading role of free meanders. At the same time, a high proportion of the distribution of the straight confined channel is observed.

Keywords: fluvial terrace above floodplain, channel processes, morphodynamic classification of river channels, glaciolacustrine terrace, proglacial lake

REFERENCES

1. Bol'shiyanov D.Yu., Verkulich S.R. Kanaly stoka talyx lednikovyx vod i vozmozhnosti paleogeograficheskix rekonstrukcij // *Izvestiya RGO*. 1990. T. 122. Vyp. 1. S. 58–64.
2. Dedkov A.P. Ekzogennoe rel'efoobrazovanie v Kazansko-Ul'yanovskom Povolzh'e. Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 1970. 255 s.
3. Demakov D.A., Lychagina E.L., Zareczkaya N.E. i dr. Kosinskie mezoliticheskie stoyanki v kontekste istorii prirodnoj sredy Verhnego Prikam'ya v pozdnelednikov'e i rannem golocene // *Geomorfologiya*. 2023. № 1. S. 91–106.
4. Zajcev V.K. K istorii sovremennykh dolin rek Visherki i Berezovki (pravyykh pritokov Kolvy) // *Izvestiya Vsesoyuzn. geogr. obshh-va*. 1941. T. 73. Vyp. 2. S. 287–291.
5. Zemczov A.A., Burakov D.A. Sovremennyye geomorfologicheskie processy v central'noj chasti Zapadno-Sibirskoj ravniny // *Problemy geomorfologii i neotektoniki platformnykh oblastey Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, 1970. S. 87–99.
6. Korotaev V.N., Mixajlov V.N., Babich D.B. i dr. Gidrologo-morfologicheskie processy, dinamika gidrograficheskoy seti i ruslovyje deformacii v del'te r. Leny // *Zemel'nye i vodnye resursy: protivoprotivopozitsionnaya zashhita i regulirovanie rusel*. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1990. S. 120–144.
7. Lavrov A.S., Potapenko L.M. Neoplejstocen Pecherskoj nizmennosti i Zapadnogo Pritiman'ya (stratigrafiya, paleogeografiya, xronologiya). M.: OAO "Mozhayskij poligraficheskij kombinat", 2012. 191 s.
8. Lavrov A.S., Potapenko L.M. Neoplejstocen severo-vostoka Russkoj ravniny. M.: *Arheologiya*, 2005. 348 s.

9. Maxinov A.N. Eolovye formy rel'efa v pojme reki Amur // *Geomorfologiya*. 2017. № 2. S. 52–62.
10. Nazarov N.N., Egorkina S.S. Reki Permskogo Prikam'ya: Gorizontal'nye ruslovyje deformacii. Perm': Izd-vo "Zvezda", 2004. 155 s.
11. Ryabkov N.V. Perestrojka rechnyx sistem severo-vostoka Russkoj ravniny v svyazi s drevnimi oledeneniyami etogo rajona // *Problemy perestrojki i perexvata rechnyx dolin*. M., 1975. S. 59–70.
12. Chalov R.S. Vliyanie eolovykh processov (faktora vetra) na formirovanie i morfologiyu rusel i pojm ravniny rek // *Geograficheskij vestnik*. 2022. № 2 (61). S. 6–16.
<https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-2-6-16>
13. Chalov R.S. Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 2: Morfodinamika rechnyx rusel. M.: KRASAND, 2011. 960 s.
14. Chalov R.S., Chalov S.R. Strukturnye urovni i morfodinamicheskaya klassifikaciya ruslovykh razvetvlenij // *Vodnye resursy*. 2020. T. 47. № 3. S. 259–271.
15. Chalov R.S., Chalov S.R. Strukturnye urovni ruslovykh processov i morfodinamicheskie tipy rusla // *Tridezat' sed'moe plenar. mezhvuz. koordinacz. soveshhanie po problemam erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh processov*. M., 2022. S. 170–173.
16. Chalov R.S., Shtankova N.N. Stok nanosov, rusloformiruyushhie rasxody vody i morfodinamicheskie tipy rusel rek bassejna Kamy // *Voprosy fizicheskoy geografii i geoekologii Urala*. Perm', 2000. S. 99–116.
17. Heggen M.P., Birks H.H., Heiri O., Grytnes J.A., Birks H.J.B. Are fossil assemblages in a single sediment core from a small lake representative of total deposition of mite, chironomid, and plant macrofossil remains? // *Journal of Paleolimnology*. 2012. 48: 669–691.