

Механизм перестроения свободных меандр во врезаемые в условиях неотектонических поднятий

Владимир Николаевич НЕВСКИЙ
старший научный сотрудник, кандидат географических наук
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
nevsky@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2956-3395>

Аннотация. Гидрологам и геоморфологам известно, что врезаемые речные меандры крупнее свободных, развивающихся в условиях равнинного или низкогорного рельефа с относительно мощным аллювием. Специалисты в целом согласны с мнением К. Тинклера, который видел причину этого явления в экстремально высоких расходах редкой повторяемости. Такой механизм реалистичен, более того, с той или иной степенью эффективности он действует всегда. Однако некоторые авторитетные геоморфологи, например В. Дэвис и К. Тролль, были убеждены в гетерогенной природе врезаемых меандр. По их мнению, они обязаны своим происхождением и морфологией не только климату, но и тектонике и так называемым внутренним морфодинамическим факторам. В подтверждение этой точки зрения предлагается анализ механизма регрессивной эрозии, формирующей врезаемые меандры на месте свободных в условиях дизъюнктивных неотектонических процессов без существенных изменений водности реки. Показан процесс увеличения размеров меандр при блоковых тектонических поднятиях, включая постепенное увеличение размеров исходных излучин и последующий прорыв шеек меандр. Главный инструмент регрессивной эрозии в приразломной зоне – это существенное увеличение скорости потока, обусловленное возросшим перепадом высот. Участок с возросшей скоростью течения последовательно смещается вверх от зоны разлома. Одновременно с этим процессом возрастают и размеры меандр, трансформирующихся из свободных во врезаемые. Отмечен своеобразный феномен геоморфологической конвергенции, когда два разных внешних фактора (экстремальные расходы и дизъюнктивная неотектоника), действующих порознь, приводят к одинаковым морфологическим результатам. В реальных условиях данные факторы могут действовать одновременно, но с разной интенсивностью, которая зависит от глобальных и локальных причин периодической и непериодической природы.

Ключевые слова: врезаемые и свободные меандры, регрессивная эрозия, боковая и глубинная эрозия, неотектоника, геоморфологическая конвергенция

Для цитирования: Невский В.Н. Механизм перестроения свободных меандр во врезаемые в условиях неотектонических поднятий // Тихоокеанская география. 2023. № 2. С. 74–82. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_14_6.

The manner of reforming of free meanders into incised ones under conditions of neotectonic uplift

Vladimir N. NEVSKY

Senior research associate, candidate of geographical sciences
Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
nevsky@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2956-3395>

Abstract. Geomorphologists and hydrologists know that incised meanders are larger than free ones, developing in conditions of flat or low-mountainous relief with relatively thick alluvium. Most geomorphologists agree with the opinion of K. Tincler, who saw the reason for this phenomenon in the extremely high water discharges of rare recurrence. Such a manner is realistic. Moreover, it always functions with varying degrees of effectiveness. However, some authoritative geomorphologists, for example, W. Davis and K. Troll, were convinced of the heterogeneous nature of the incised meanders. In their opinion, its origin and morphology were due not only to climate fluctuations but also to tectonics and so-called internal morphodynamic factors. To support this point of view the manner of regressive erosion is proposed, which forms incised meanders in the area of free meandering under condition of disjunctive tectonic processes without significant changes of water discharges of a river. The process of increasing the size of meanders during and after block tectonic uplifts is shown as a result of speculative graphic modelling. This process includes a gradual increasing of initial meanders and an abrupt breakthrough of the meander necks. The main instrument of regressive erosion in the near-fault zone is a significant increase in the flow velocity due to the increased elevation difference. The segment with the increased flow velocity sequentially shifts upward from the fault zone. Simultaneously with this process, the dimensions of the meanders also increase as they transform from free to incised meanders. A peculiar phenomenon of geomorphic convergence is noted, when two different external factors (extreme water discharges and disjunctive tectonics) acting separately, lead to the same morphological results. In real conditions, these factors can act simultaneously, but with different intensity, which depends on global and local causes of periodic and non-periodic nature.

Keywords: free and incised meanders, regressive erosion, lateral and deep erosion, neotectonics, geomorphic convergence

For citation: Vladimir Nevsky. The manner of reforming of free meanders into incision ones under condition of neotectonic uplift. *Pacific Geography*. 2023;(2):74-82. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_14_6.

Введение

Известно, что врезанные речные меандры крупнее свободных, развивающихся в условиях такого же низкогогорного или равнинного возвышенного рельефа с относительно мощным аллювием [1, 2]. Впрочем, это эмпирическое обобщение следует считать, скорее, статистической закономерностью, чем законом. Такая закономерность может быть проиллюстрирована на примерах многих низкогогорных рек, например, в Забайкалье и на Дальнем Востоке (хребты Тукурингра, Джагды, Становой, хребты Сихотэ-Алиня и др.), где отмечены чередования участков свободных и врезанных излучин и где размеры врезанных меандр больше свободных в 2–4 раза. Зависимость размеров врезанных излучин от литологии в явном виде не прослежена.

Согласно Р.С. Чалову, «свободные излучины в своем развитии отражают геолого-геоморфологические факторы русловых процессов, тогда как врезанные связаны с геоморфологическими условиями» [3, с. 247]. Р.С. Чалов в своем фундаментальном труде «Русловедение: теория, география, практика» [2] объединил основные достижения гидрологов

и геоморфологов в области русловедения к моменту создания данной книги. И он, и его коллеги солидарны в целом с мнением К. Тинклера [4], который считал, что активное развитие врезанных меандр и увеличение их размеров происходят в результате экстремальных расходов редкой повторяемости. При экстремальных расходах поток способен эродировать берега и перемещать грубообломочные наносы, не формируя хорошо развитых пойм. Большие размеры врезанных излучин являются нормальным способом «реализации стремления потока к меандрированию в условиях врезанного русла» [2, с. 238]. Однако некоторые геоморфологи (среди них, кстати, В. Дэвис и К. Тролль) считали, что врезанные меандры имеют гетерогенную природу – климатическую, тектоническую, морфодинамическую [3].

Вряд ли кто-то станет отрицать, что фактор, отмеченный К. Тинклером, является реально действующим механизмом. Расход воды – параметр, который испытывает регулярные и нерегулярные изменения, в т.ч. высокоамплитудные, в течение сезона, от сезона к сезону и от одного климатического режима к другому. Такие изменения имеют как периодический, так и непериодический характер. Увеличение руслоформирующего расхода при любых внешних осложняющих условиях является причиной увеличения размеров излучин. Картину чередования участков врезанных и свободных меандр с соответствующей разницей в размерах излучин в пределах одного морфологически однородного низкогогорья тоже можно объяснить в рамках предположения К. Тинклера: врезанные меандры как бы фиксируют геометрию русла, формирующуюся при наибольших расходах [4]. При существенном уменьшении расходов обратный процесс, по понятным причинам, невозможен. В этом случае мы наблюдаем хорошо известную всем геоморфологам картину – врезанную долину с относительно широким днищем, по которому течет маловодная река или даже пересыхающий в межень ручей. Однако в модели К. Тинклера есть один проблемный момент. Иногда в случае соседства участков свободных (или адаптированных) и врезанных меандр ширина днища долины в пределах первого участка может быть меньше ширины пояса меандрирования второго участка, с врезанными меандрами. Пример – р. Гиллой в Амурская области, правый приток р. Зея. Именно по этой причине резонно предположить, что объяснение К. Тинклера может быть не единственным.

Цель данной статьи заключается в описании и объяснении природного механизма увеличения размеров врезанных меандр на месте свободных или адаптированных в условиях активной разломной неотектоники при гипотетически малозначительных колебаниях расходов реки.

Материалы и методы

Река Гиллой – удачный объект для умозрительного графического моделирования поведения русла в условиях тектонического подъема. На отрезке от района г. Тын-да до места впадения в р. Зея р. Гиллой течет в юго-восточном направлении, осваивая «диагональный» (по отношению к основным тектоническим структурам) тектонический разлом. Преобладающие горные породы – древние (архей-протерозойские) гранитоиды, кристаллические сланцы, гнейсы. Здесь наблюдаются крупные врезанные меандры с шириной пояса меандрирования до 9 км и шагом до 5–6 км и участок днища долины длиной 10 км и шириной до 4.2 км с относительно небольшими свободными излучинами (рис. 1). Территория, по которой протекает р. Гиллой (субширотный хр. Тукурингра, включая его северные отроги), относится к Янкан-Тукурингра-Джагдинской морфоструктуре и представляет собой тектонический массив, испытывающий достаточно активное поднятие по отношению к Амуро-Зейской равнине с конца неогена [5]. Этот вывод обосновывается, в частности, «высокими высотными» [там же] позициями верхнеэоценовых и четвертичных эрозионных и цокольных надпойменных террас. Поднятие происходило в форме дифференцированного движения блоков с созданием тектонических перекосов. Кроме того,

в приустьевой части р. Гиллой пересекает, по меньшей мере, один крупный, субширотно ориентированный тектонический разлом с преимущественно надвиговой компонентой перемещения (рис. 1), который сохранял относительную активность в неоген-четвертичное время [5, 6]. Именно такой тектонический режим обусловил формирование участка antecedentной долины р. Зейя севернее створа Зейской ГЭС и наличие крупных врезанных меандр самой р. Гиллой (см. рис. 1). Аналогичные с точки зрения геоморфологической обстановки речные долины, которые испытывали неоген-четвертичные блоковые движения, можно встретить и в других районах с низкоргорным и среднегорным рельефом, соседствующих с хр. Тукурингра (хребты Янкан, Чернышева, южные отроги Станового хребта).

Основной метод решения поставленной задачи – умозрительное графическое моделирование, не привязанное к конкретной (географической) обстановке. В качестве дополнительных материалов были использованы космические снимки 1980-х годов на бумажных носителях (масштаб около 1 : 170000) из архива ТИГ ДВО РАН, космические изображения “Google Earth” и полевые результаты аэровизуальных наблюдений, проведенных в 1988 и 1989 гг. в западной части Амурской области.

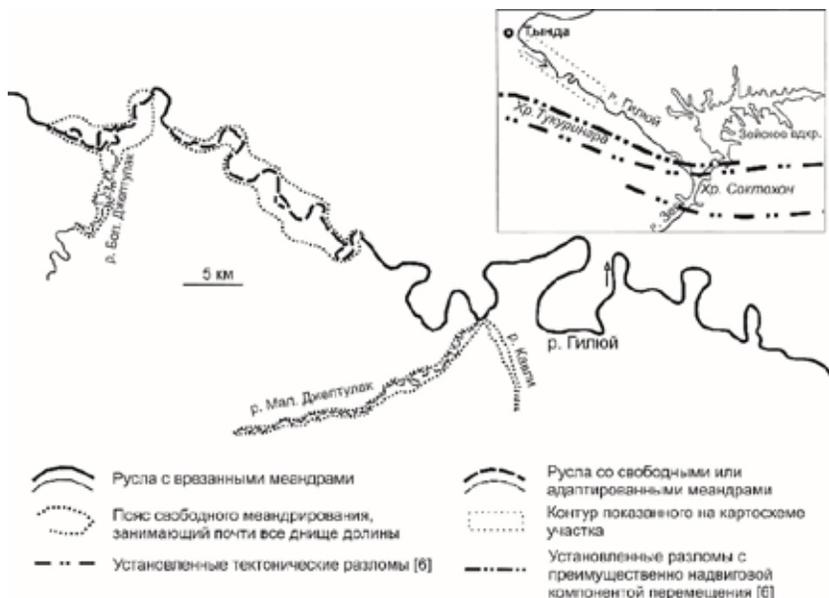


Рис. 1. Река Гиллой ниже г. Тынды с участками врезанных и свободных меандр

Fig. 1. The Gilyui river downstream Tynda city with sections of incised and free meanders

Результаты и их обсуждение

Предположим, что до начала тектонического поднятия река развивалась в режиме свободного меандрирования. Этому состоянию соответствует первый абрис («А») рис. 2. Сам рисунок отражает последовательность изменений плановой геометрии русла при неизменных или слабо варьирующих руслоформирующих расходах. На данном рисунке не отражен процесс смещения излучин вниз по течению. Этот процесс, разумеется, действует всегда, но в данной схеме, отражающей порядок роста размеров меандр и прорыв шеек меандр, его учет не обязателен. Тонкой сплошной линией на рисунке для каждой стадии переформирования меандр отмечена начальная конфигурация русла, толстой сплошной – новая. Пунктирной толстой линией отмечено положение русла на предыдущей стадии. После появления разлома, отмеченного на рисунке двойным пунктиром со знаками «вверх» и «вниз» в правой части абриса, и начала тектонического подня-

тия левого участка относительно правого начинается активная регрессивная эрозия выше (левее) разлома (стадии Б – В). На этих стадиях, по-видимому, доминирует боковая составляющая эрозии, поскольку уклон и соответственно скорость потока резко возрастают, и основная эродирующая деятельность потока выше разлома направлена на увеличение размеров излучин. Глубинная составляющая эрозии также возрастает, однако она в наибольшей степени проявляется на спрямленных участках русла.

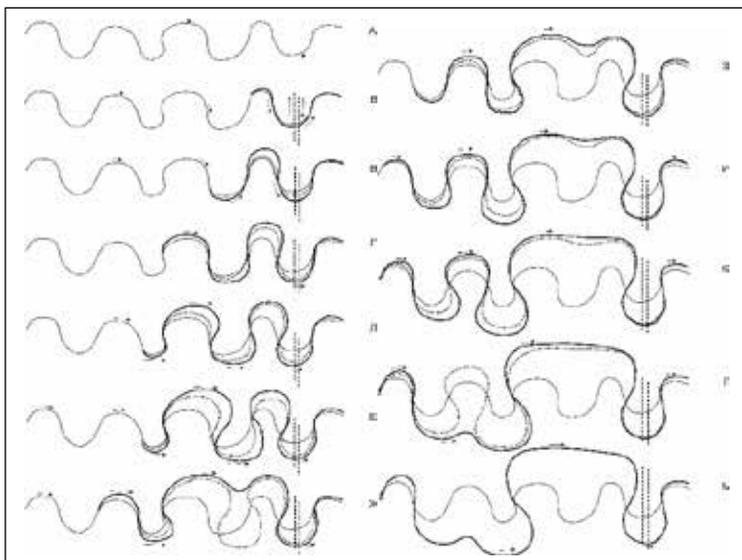


Рис. 2. Процесс формирования врезанных меандр с одновременным увеличением их размеров в условиях блоковых тектонических поднятий при неизменных или слабо варьирующих речных расходах [7]

Fig. 2. The process of the formation of incised meanders with a simultaneous increase in their size under the conditions of block tectonic uplifts at constant or slightly varying flow discharges

На следующем этапе, по мере роста размеров ближайших к разлому излучин и постепенном увеличении роли глубинной эрозии, область высоких уклонов смещается вверх. Одновременно возрастает скорость потока, приводящая уже в пределах этой области к росту размеров излучин (стадии Г – Е).

По мере дальнейшего развития ряда смежных меандр обязательно произойдет прорыв шейки меандры, находящейся в непосредственной близости к тектоническому разлому (стадия Ж). После прорыва скорость течения на данном участке еще возрастет, что приведет к еще большей активизации глубинной эрозии. Поскольку процесс регрессивного поэтапного роста уклона продолжается, то продолжается и регрессивно распространяющийся процесс роста излучин (стадии З – К). В то же время замедляется и в какой-то момент после достижения относительного динамического равновесия прекращается рост размеров меандр вблизи разлома, ставшего причиной активизации регрессивной эрозии. Наконец, создаются благоприятные условия для очередного прорыва шейки меандры выше предыдущего места прорыва (стадия Л). Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто новое состояние динамического равновесия. Правда, это состояние требует определенных оговорок, поскольку размеры врезанных меандр уже не везде будут соответствовать той скорости потока, который их создал. Данный процесс может быть заторможен, остановлен (или, наоборот, активизирован) также в случае достижения регрессивной эрозией того участка реки, где действует иной тектонический режим.

Если появлению разлома, предопределившего рост размеров меандр, будет сопутствовать формирование сети параллельных и диагональных разломов без заметных относительных

смещений (а это случится почти наверняка), то растущие врезанные меандры будут осваивать эту сеть. Именно такую картину мы наблюдаем в бассейне р. Гиллой (см. рис. 1), где ширина пояса врезанных меандр достигает в одном месте 9 км. Но поскольку эрозия имеет регрессивный характер, то отклонение меандр от главной (исходной) оси реки на данном участке будет лимитировано собственными гидродинамическими факторами. Вероятность речных перехватов не исключена, однако анализ космических снимков западной части Амурской области позволяет убедиться в том, что подобные случаи редки.

Выше было отмечено (на примере р. Гиллой), что гипотезой колебаний расходов трудно объяснить соседство участков свободных (точнее, свободных и адаптированных) меандр с шириной пояса меандрирования 4 км и врезанных меандр с шириной пояса меандрирования около 9 км. Для данного случая необходимо уточнение: ширина пояса свободного меандрирования (на рис. 1 этот участок расположен не в крайней левой части, а ближе к центру) почти соответствует ширине днища долины на данном участке; этот пояс ограничен склонами средней крутизны, которые выработаны в коренных породах. Ниже, на участке врезанных меандр, ширина днища долины уменьшается фактически до ширины русла (врезанных меандр) за исключением некоторых, скорее адаптированных, излучин, где развита пойма шириной до 1.0–1.1 км. Аналогичная картина наблюдается и на некоторых других реках региона. В чем причина такого соседства? Действительно, если количество атмосферных осадков существенно увеличилось бы на территории всего бассейна реки, то естественно ожидать выхода излучин за пределы 4-километровой ширины по всей длине этого отрезка (в данном случае – нижнего течения) реки. Очевидно, что тектоника играет здесь важнейшую роль. Плановые очертания правых и левых притоков подчеркивают сеть поперечных долине р. Гиллой разломов. Выше отмечалось, что некоторые фрагменты крупных врезанных излучин предопределены именно такими разломами. Более того, принимая во внимание морфометрические характеристики, вполне уместно называть такие меандры не врезанными, а макроизлучинами [8, 9]. Однако механизм образования макроизлучин и врезанных излучин один и тот же. Разница, как отметил Б.В. Матвеев [9], в степени свободы процесса развития (саморазвития) меандр. Механизм регрессивной эрозии, начинающий переформирование свободных меандр в условиях тектонического поднятия, готов создавать и врезанные излучины, и макроизлучины в зависимости от конкретной геологической обстановки. Гипотеза определяющей роли регрессивной эрозии способна объяснить ситуацию на р. Гиллой: распространяющаяся вверх от устья Гиллой эрозия пока не достигла того участка, где мы сейчас наблюдаем свободные меандры. Выше данного участка в пределах этой долины юго-восточного простирания типичных врезанных меандр нет, есть только адаптированные и переходные от врезанных к адаптированным. Можно, конечно, найти и другое объяснение, ближе к К. Тинклеру: блоковая неотектоника всего лишь осложняет каноническую картину роста размеров врезанных меандр за счет увеличения расходов. Однако такой вариант следует воспринимать, скорее, не в качестве альтернативы, а дополнения.

Определенный интерес представляет один неоднозначный для объяснения факт. Верхний правый приток р. Гиллой, р. Бол. Джелтулак (см. рис. 1), впадает в свободную меандру р. Гиллой. Сам этот приток тоже свободно меандрирующий на протяжении 15 км нижнего течения. Но на участке развития врезанных меандр (т.е. ниже р. Бол. Джелтулак) в р. Гиллой впадают, помимо других, два правых притока, которые показаны на рис. 1 в его центральной части. Один из них, р. Мал. Джелтулак, на протяжении почти 30 км, если считать по оси долины, имеет хорошо развитые свободные и адаптированные меандры. Днище долины этого притока в нижнем течении и одновременно пояс свободного меандрирования достигают ширины 1.1 км при среднем значении 0.7–0.8 км. Соседний приток, меньшей водности (р. Кавли), тоже имеет в нижнем течении пояс свободного меандрирования длиной около 6 км и шириной 0.4–0.7 км. Получается, что два свободно меандрирующих притока с достаточно широкими поймами впадают в р. Гиллой на участке развития врезанных меандр. Объяснить такую природную особенность может только

неоген-четвертичная тектоника, но не «фактор Тинклера». Приустьевые участки рек Мал. Джелтулак и Кавли все же имеют своеобразные «пороги» в виде спрямленных отрезков русел и суженных пойм длиной около 2 км перед самым впадением в р. Гилюй, чего нет у р. Бол. Джелтулак. Если регрессивная эрозия, распространяющаяся вверх по р. Гилюй, достигла устьев этих притоков относительно недавно, то сложившаяся картина выглядит вполне непротиворечивой.

Река Гилюй не является в этом смысле уникальным объектом. Можно привести еще ряд региональных примеров (хр. Тукурингра и южный макросклон Станового хребта в пределах Амурской обл.), где участки свободного меандрирования соседствуют с врезанными излучинами. Это и р. Геткан (бассейн р. Гилюй), и некоторые притоки р. Олёкма и впадающей в нее р. Нюкжа. Бассейны этих рек разбиты разломами. Как известно, данный район (особенно Становой хребет) относится к сейсмически опасным, поэтому неоген-четвертичная тектоника, несомненно оказала существенное влияние на плановые очертания рек. Интересным примером также можно считать и р. Алдан, но по другой причине. Отмечено, что макроизлучины в верхнем и среднем течении р. Алдан представляют собой аномальное явление из-за невероятного отношения длины русла к его ширине, достигающего 80 : 1 [9]. Безусловно, здесь основная причина таких аномально высоких относительных размеров врезанных меандр заключается в геологическом строении территории, разбитой субмеридиональными и субширотными разломами. Считается, что макроизлучины верхнего Алдана имеют в общем ту же природу, что и изгиб Волги «Самарская Лука», огибающий Жигули [9]. Однако геологическое строение территории, по которой протекает р. Алдан, более или менее однородное. Аномальным следует считать перепад высот между хребтами, примыкающими к Становому хребту, и Приленским плато, обусловленный все той же неоген-четвертичной тектоникой. Поток, имеющий высокую скорость течения, осваивает многие существующие тектонические разломы, не отклоняясь, однако, от магистрального направления, в данном случае восточного. Он как бы действует в рамках коридора шириной около 20 км. Такая ситуация в целом подтверждает регрессивный характер неоген-четвертичной эрозии на стыке горных хребтов с невысоким плато.

Приведенные выше примеры и результаты графического моделирования удачно иллюстрируют своеобразную динамическую геоморфологическую конвергенцию. Климатически обусловленные колебания водности потока и разломная дизъюнктивная тектоника, т.е. два независимых фактора разной природы, дают в итоге схожие результаты. В первом случае рост размеров меандр в процессе их трансформации из свободных во врезанные должен происходить, с точки зрения логики, одновременно на территории значительной части бассейна реки. Однако такой механизм трудно представить, тем более смоделировать, поскольку нельзя найти точку русла, от которой начнется процесс увеличения размеров меандр. Вероятно, такая точка должна маркировать, например, границу низкорья и низменной равнины. Скорее всего, и в этом сценарии главную роль будет играть регрессивная эрозия. Во втором случае (см. рис. 2) точкой отсчета, от которой будет исходить импульс активизации регрессивной эрозии, станет, естественно, тектонический разлом. Если на пути регрессивной эрозии окажется абсолютно однородный геологический субстрат (что в природе случается крайне редко), то мы сможем наблюдать идеальный процесс упорядоченной трансформации излучин, похожий на тот, что показан на рис. 2. Однако и в первом, и во втором случае происходит своеобразная адаптивная самоорганизация геоморфологической системы, выражающаяся в увеличении размеров врезанных меандр, и по окончательному результату не всегда можно будет определить, какой из двух факторов имел решающее значение.

Заключение и выводы

В плейстоцене было немало достаточно продолжительных периодов с большим количеством атмосферных осадков, чем в настоящее время. Последние из них – оптиму-

мы позднего плейстоцена (120–130 тыс. лет назад) и среднего голоцена, когда количество осадков превышало современное на 100 мм [10]. Несомненно, водность потока («фактор Тинклера») является главным формообразующим фактором врезанных излучин, поскольку он отличается большой вариабельностью в пределах разноранговых климатических ритмов плейстоцена и голоцена. Рассмотренный выше механизм тектонически обусловленного роста размеров меандр при их трансформации из свободных (адаптированных) во врезанные является, скорее, дополняющим. Но в некоторых случаях разломная неотектоника и обусловленная ею активизация регрессивной эрозии могут играть определяющую роль. Наверное, правильнее говорить о действии общего процесса, обусловленного климатом, и регионального или локального, обусловленного разломной тектоникой в тектонически активных областях. Процесс переформирования излучин – это процесс трансформации многокомпонентной геоморфологической системы, где разные внешние факторы (климат и разломная тектоника) могут действовать или порознь, или одновременно, но с разной интенсивностью, зависящей от глобальных и локальных причин.

Литература

1. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
2. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
3. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
4. Tincler K.J. Active valley meanders in South-Central Texas and their eider implications // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1971. Vol. 82, N 7. P. 1783–1800.
5. Худяков Г.И., Денисов Е.П., Короткий А.М., Кулаков А.П., Никонова Р.И., Чернобровкина Е.И. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока. М.: Наука, 1972. 423 с.
6. Тектоническая схема Дальнего Востока России / ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/maps/16719> (дата обращения: 15.02.2023).
7. Невский В.Н. Регрессивно-эрозионный механизм формирования врезанных излучин (дополнение к традиционным представлениям) // *Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные, социальные и хозяйственные структуры территорий.* Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2020. С. 137–141.
8. Матвеев Б.В. Процесс меандрирования и развитие речных долин // *Геоморфология.* 1988. № 1. С. 63–69.
9. Матвеев Б.В. Влияние геолого-геоморфологических факторов на образование и морфологию речных излучин // *Геоморфология.* 1985. № 3. С. 51–57.
10. Волкова В.С., Кулькова И.А. Климатические оптимумы в кайнозое Западной Сибири (по палинологическим данным) // *Стратиграфия и геологическая корреляция.* 1994. Т. 2, № 1. С. 108–112.

References

1. Makkaveyev, N.I.; Chalov R.S. Channel Processes. Moscow State University: Moscow, Russia, 1986; 264 p. (In Russian)
2. Chalov, R.S. Riverbed science: theory, geography, practice. V. 2. Morphodynamics of river channel. KRASAND: Moscow, Russia, 2011; 960 p. (In Russian)
3. Chalov, R.S.; Zavadskiy, A.S.; Panin, A.V. River meanders. Moscow State University: Moscow, Russia, 2004; 371 p. (In Russian)
4. Tincler, K.J. Active valley meanders in South-Central Texas and their eider implications. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1971, 82(7), 1783-1800.
5. Khudiakov, G.I.; Denisov, Ye.P.; Korotky, A.M.; Kulakov, A.P.; Nikonova, R.I.; Chernobrovkina, Ye.I. The history of the relief development of Siberia and Far East. The South of Far East. Nauka: Moscow, Russia, 1972; 423 p. (In Russian)
6. Tectonic map of the Far East of Russia. Ed. A.I. Hanchuk. Dalnauka, 2006. Available online: <https://www.geokniga.org/maps/16719> (accessed on 15 February 2023). (In Russian)
7. Nevsky, V.N. The mechanism of regressive erosion of incision meanders forming (addition to traditional concepts). In *Geosystems of North-East Asia: natural, natural resource, social and economic structure of territories.* Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, 2020, 137-141. (In Russian)
8. Matveev, B.V. Meandering process and river valleys development. *Geomorfologiya*, 1988, 1, 63-69. (In Russian)

9. Matveev, B.V. Geological and geomorphological control of river meanders formation and morphology. *Geomorfologiya*, 1985, 3, 51-57. (In Russian)

10. Volkova, V.S.; Kul'kova, I.A. Climatic optima in the Cenozoic of Western Siberia (according to palynological data). *Stratigraphy and geological correlation*. 1994, 2(1), 108-112. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 27.01.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 3.04.2023.

The article was submitted 27.01.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 3.04.2023.

