

УДК 551.4; 556; ББК: Д823.42; Д222.06

«МЕАНДР» И «ИЗЛУЧИНА» КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ ПЛАНИМЕТРИИ МЕАНДРИРУЮЩЕГО РУСЛА: АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

В.И. Замышляев

ФГБУ «Государственный гидрологический институт», Санкт-Петербург, Россия
viza51@mail.ru

Поступила в редакцию 06.08.2025

После доработки 03.09.2025

Принята к публикации 08.09.2025

Аннотация. Статья посвящена описанию и сравнению двух подходов, применяемых при изучении планиметрии русел меандрирующих рек методами гидроморфологического анализа: подход, разработанный и широко применяемый в советской (российской) школе исследований руслового процесса, в которой за основную морфологическую единицу русла меандрирующей реки принимается излучина, и подход, в котором основной морфологической единицей является меандр, — этот подход более распространен в исследованиях зарубежных авторов. Показывается, что первый подход, определяющий излучину как участок русла между двумя последовательными точками перегиба осевой линии русла, позволяет однозначно идентифицировать излучины по картографическим материалам. В то же время формулировки, используемые во втором подходе, в большинстве случаев не позволяют даже точно идентифицировать участок русла, определяемый как меандр. Более того, внутри второго подхода можно выделить два способа определения меандра, в одном из которых за меандр принимается участок русла между тремя последовательными точками перегиба осевой линии русла, а во втором — участок русла между двумя последовательными вершинами, лежащими по одну сторону от осевой линии пояса меандрирования. Ввиду все более широкого внедрения полуавтоматических и автоматических процедур в проведение гидроморфологического анализа точность идентификации анализируемых объектов приобретает дополнительную важность. Исходя из этого, концепция «излучина» представляется более определенной, технологичной и надежной, чем концепция «меандр», а потому при проведении морфометрического анализа и поиске закономерностей изменений плановой конфигурации меандрирующих русел есть смысл основываться преимущественно на подходе, использующем в качестве основной морфологической единицы излучину.

Ключевые слова: русловые процессы, ГИС-анализ, осевая линия русла, точки перегиба, системы измерителей для излучин и меандров

DOI: <https://doi.org/10.71367/3034-4638-2025-2-3-33-41>

ВВЕДЕНИЕ

При изучении руслового процесса до настоящего времени преобладает гидроморфологический подход, при котором на различных структурных уровнях принято выделять типовые морфологические единицы. Например, морфологической единицей на структурном уровне микроформ является гряда. Аналогичные морфологические единицы выделяются и при исследованиях меандрирующих рек, особенно в связи с изучением их плановых конфигураций, причем в западных школах в качестве такой морфологической единицы чаще всего принимается «меандр» («meander»), а в отечественных (совет-

ской и российской) — преимущественно «излучина» («bend») (иногда, впрочем, их тоже называют меандрами, и в этом смысле можно сказать, что меандр более часто применяемое понятие).

Широко известно, что термин «меандр» произошел от названия известной своим чрезвычайно извилистым руслом р. Мендерес, расположенной в Малой Азии к югу от Измира, к востоку от древнегреческого, а ныне турецкого г. Милет; современное турецкое название реки — Büyük Menderes (Бююк-Мендерес). В результате даже в Классической Греции (и в более поздней греческой

литературе) название реки стало нарицательным, обозначающим всё замысловатое и извилистое, например, декоративные узоры, речь и идеи, а также геоморфологические особенности.

Исследование плановых форм речных русел, начавшееся в конце XIX в., исторически развивалось усилиями прежде всего европейских исследователей, хотя, безусловно, нельзя не отметить большой вклад российских ученых В.М. Лохтина (Лохтин, 1897) и Н.С. Лелявского (Лелявский, 1893) в исследования динамики русловых потоков и морфологии речных русел. Но всё же системное описание плановых форм русел впервые появилось в работах Л. Фарга (Fargue, 1908), М. Джефферсона (Jefferson, 1902), К. Инглиса (Inglis, 1937) и других. Некоторым обобщением результатов этих исследований могут считаться ставшие классическими работы Лиополда и Уолмэна (Leopold, Wolman, 1957; Leopold, Wolman, 1960) (фамилии авторов приведены в той транслитерации, которая использована в резюме на русском языке к публикации 1960 г. (Leopold, Wolman, 1960): Люна Б. Лиополд и М. Гордон Уолмэн).

В последние годы в практику проведения гидроморфологического анализа всё активнее внедряются методы обработки картографического материала и, в первую очередь, космических снимков, которые позволяют в автоматическом или полуавтоматическом режиме идентифицировать те или иные водные объекты, в частности, водотоки и представлять их характерными для таких объектов линиями, например, линиями берегов или осевыми линиями русла. Алгоритмы, которые разрабатываются и используются для подобных целей (здесь не рассматриваются), требуют формально строгого определения объектов, интересующих исследователей. Без этого последующее определение количественных характеристик планиметрических параметров, используемых в русловых исследованиях, их дальнейший анализ и поиск морфометрических соотношений теряют всякий смысл. Соответственно, цель настоящей работы — проанализировать различия в подходах, применяемых при исследовании планиметрии меандрирующего русла и выражаемых в различии используемых структурных морфологических единиц — «меандр» и «излучина». В статье рассматривается, какое содержание различные авторы, основывающие свои исследования на концепциях «меандр» или «излучина», вкладывают в эти понятия. Сравнение указанных морфологических единиц производится на предмет однозначности их определения, возможности адекватного описания планиметрии меандрирующего русла и удобства применения для последующего анализа.

Отметим, что в статье анализируются только параметры плановых форм меандрирующих русел, их связь с гидрологическими характеристиками не исследуется.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОПИСАНИЮ ПЛАНИМЕТРИИ МЕАНДРИРУЮЩЕГО РУСЛА

Анализ существующих систем описания морфологических единиц меандрирующего русла и их сравнение между собой начнем с подхода, при котором такой морфологической единицей для проведения гидроморфологического анализа является излучина. Причина не только в том, что этот подход получил наибольшее распространение в нашей стране и в странах, входивших в состав СССР, но и в том, что, на наш взгляд, эта система более цельная и логически гораздо менее противоречивая. Такой подход развивался усилиями ведущих советских ученых, работавших в отделе русловых процессов Государственного гидрологического института (ГГИ), — Н.Е. Кондратьева, И.В. Попова и многих других сотрудников этого отдела, а также сотрудников географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ) — Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова и других специалистов из МГУ. Перечислить всех советских и российских ученых, внесших значительный вклад в науку о речной геоморфологии и динамике русловых потоков, здесь совершенно невозможно. Тем не менее можно отметить, что результатом работы указанных ученых и коллективов явилось создание двух ведущих в СССР и России школ гидроморфологических исследований руслового процесса — школы ГГИ и школы МГУ. Эти школы имеют давние научные традиции и достигли несомненного успеха в развитии той научной дисциплины, которую чаще всего называют динамикой русловых потоков, теорией руслового процесса или русловедением. Каждая из школ имеет многочисленных сторонников среди специалистов, работающих в этой области.

Хотя исследованиями речных излучин занимались многие ученые, в том числе советские, в связи с чем можно сослаться на работы Н.И. Маккавеева (Маккавеев, 1955), Н.Е. Кондратьева, И.В. Попова, Б.Ф. Сنيщенко (Кондратьев, 1968; Кондратьев и др., 1982), Р.С. Чалова, А.С. Завадского, А.В. Панина (Чалов и др., 2004; Чалов, 2008; Чалов, 2011), всё же в наиболее систематичном и полном виде этот подход впервые был применен в ГГИ Н.Е. Кондратьевым и И.В. Поповым, которые заложили основы *Гидроморфологической теории руслового процесса* (ГМТ РП) и разработали систему

параметров, характеризующих планиметрию излучин (см., например, (Кондратьев, 1968)). Следуя традиции, установленной в ГМТ РП, в дальнейшем эти параметры будем называть *измерителями*.

Прежде чем приступить к описанию структурных морфологических единиц меандрирующего русла, отметим, что участки русла, идентифицируемые как излучины или меандры, почти всегда определяются на основании анализа плановой формы осевой линии русла. Поскольку меандрирующие русла являются извилистыми, кривизна русла, говоря математическим языком, является производной от функции, выражающей угол наклона касательной в некоторой выбранной системе координат, меняется вдоль движения по осевой и может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Удобнее всего этот угол наклона касательной выражать как функцию от натуральной координаты — расстояния вдоль осевой от некоторого фиксированного начала.

Точки, где кривизна осевой линии русла меняет знак, называются **точками перегиба (inflection points)**. В этих точках кривизна осевой равна нулю, а на участках, расположенных непосредственно выше и ниже этих точек, имеет противоположный знак. По точкам перегиба можно однозначно определить участки русла, называемые излучинами. Обобщая используемые большинством авторов толкования термина «излучина», можно дать следующее определение:

Излучиной называется участок русла между двумя последовательными точками перегиба.

Первая точка перегиба — верхняя по течению — считается начальной (верховой) точкой излучины; вторая точка перегиба — нижняя по течению — считается конечной (низовой) точкой излучины. Из приведенного определения излучины следует, что кривизна осевой не меняет своего знака в пределах одной излучины, причем если натуральная координата направлена в сторону течения руслового потока, то излучины с отрицательной кривизной принято называть *левыми*, поскольку они находятся слева от линии, соединяющей начальную и конечную точки перегиба (линии шага излучины), а излучины с положительной кривизной принято называть *правыми*, поскольку они находятся справа от линии шага излучины.

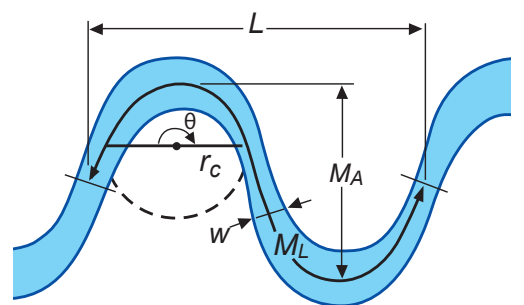
Поскольку для построения осевой линии русла используются материалы натурных съемок, карты, аэро- или космические снимки, то, естественно, при обработке таких материалов возникают различного рода погрешности и неточности, связанные в том числе с дискретизацией данных. В зависимости от того, каким образом

процедура обработки картографических материалов выделяет точки, формирующие осевую линию, могут возникать проблемы с однозначным определением точек перегиба. Например, на относительно коротком участке русла (сравнимом с его шириной) могут наблюдаться осцилляции положения точек осевой, в связи с чем применяемый алгоритм будет идентифицировать линию, проходящую через эти точки, как линию с частой сменой знака кривизны. В этом случае будет необходимо вводить какую-то процедуру сглаживания получаемой линии и определения точек, которым будет приписываться смысл точек перегиба. Указанная проблема особенно актуальна при автоматизированной обработке космических снимков, которая сейчас применяется всё больше и больше. Более подробно эти вопросы обсуждаются в работах, описывающих процедуры построения осевой линии русла по натурным данным различного происхождения — картографическим, космическим снимкам и т. д.

Ситуация с термином «меандр» гораздо менее определенная: среди исследователей нет единодушия даже в понимании того, какой участок русла следует считать меандром, не говоря уже о строгой формулировке этого термина. Типичное обобщенное описание меандров, отражающее устоявшуюся трактовку, встречающуюся в множестве источников (см. напр., Smart Water Magazine, BSL Glossary — Geography curriculum terms, K.K.E. Neuendorf (Neuendorf et al., 2005), R. Charlton (Charlton, 2007)), можно привести к следующему виду:

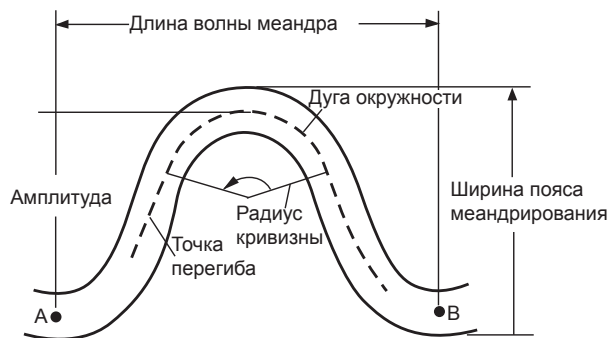
Меандры — это плавные изгибы (извилины) русла реки, образующиеся в результате эрозии и аккумуляции наносов. Они характерны для равнинных рек с малыми уклонами и широкими долинами.

Для целей анализа планиметрии меандрирующих русел использовать формулировку, подобную вышеприведенной, в качестве определения морфологического элемента русла совершенно невозможно, поскольку определение должно позволять точно идентифицировать исследуемый объект и измерять численные значения характеризующих его параметров («измерителей»). Многие авторы, однако, не берут на себя труд дать формально строгие определения используемых ими терминов, касается ли это самих меандров или основных характеристик их плановых форм: в лучшем случае предлагается руководствоваться пояснениями авторов и подсказками в виде эскизов и рисунков с нанесенными на них обозначениями. Такие примеры описаны ниже и проиллюстрированы на рис. 1.



L Длина волны меандра M_A Амплитуда меандра
 M_L Длина дуги меандра r_c Радиус кривизны
 W Средняя ширина θ Угол разворота

а



б

Рис. 1. Эскиз для определения параметров планиметрии меандра (поток слева направо): а) *Подход-1*, использующий три точки перегиба (Stream Restoration, 2001); б) *Подход-2*, использующий две вершины (Williams, 1986)

Fig. 1. Sketch for determining the parameters of meander planimetry (flow from left to right): а) *Approach-1*, using three inflection points (Stream Restoration, 2001); б) *Approach-2*, using two apexes (Williams, 1986)

Уже из этого рисунка можно видеть, что есть два подхода к тому, какой участок русла называть меандром. При одном из них, который будем называть *Подходом-1, меандром (Meander) называют участок русла, включающий три последовательные точки перегиба*, — иллюстрация этого подхода представлена на рис. 1а.

При таком подходе к определению меандра можно сказать, что меандр — это две последовательные излучины. Хотя часто это определение дополняют словами, что эти две последовательные излучины *направлены в противоположных поперечных направлениях*, смысла в таком уточнении нет — очевидно, что *последовательные*, т. е. следующие одна за другой излучины, могут иметь лишь противоположный знак кривизны, т. е. быть только противоположно направленными. Первая точка перегиба — верхняя по течению — при *Подходе-1* считается начальной (верховой) точкой меандра; последняя — третья — точка перегиба считается конечной (низовой) точкой меандра. В крайних точках меандра изменение знака кривизны осевой происходит одинаковым образом: либо с отрицательного на положительный, либо с положительного на отрицательный.

Немало исследователей, однако, используют иной подход к определению понятия меандра, при котором в качестве характерных точек используются иные точки меандрирующего русла — *вершины (Meander/Bend Apex)*. Но уже в определении этого понятия в работах иностранных авторов возникают различия. Есть авторы (см., напр., Rhoads (2020)), которые вершиной излучины называют точку, лежащую на наибольшем расстоянии от некой линии, которая хотя не определяется ими в явном виде,

но из иллюстрирующих эскизов понятно, что речь идет об осевой линии меандра (пояса меандрирования), направленной вдоль течения речного потока, для которого точного определения опять-таки не приводится (не путать с осевой линией русла и изображенной на рис. 2 «осью излучины!»). Такое определение вершины излучины близко к тому, как она определена в ГМТ РП, но поскольку в системе ГМТ РП для идентификации вершины используется линия шага излучины, в ней не содержится неопределенности, связанной с понятием оси меандра.

Однако есть авторы (см., напр., Ielri (2020)), для которых вершина излучины — это точка, в которой кривизна достигает максимального значения (Fig. 1В в указанной работе). В действительности, в асимметричных излучинах точка максимальной кривизны осевой линии вовсе не обязательно совпадает с точкой максимального удаления, и из этого следует, что меандры как участок русла будут определяться различным образом в зависимости от того, какая точка будет выбираться в качестве вершины. Кроме того, надо заметить, что по картографическим материалам найти точку максимальной кривизны гораздо труднее, чем точку, отстоящую от линии шага на наибольшем удалении, поэтому второе определение менее технологичное, чем первое. Чтобы определить точку максимума кривизны, нужно отслеживать, как кривизна меняется на всем протяжении излучины, что не всегда просто сделать.

При любом определении вершины излучины, на участке меандрирующего русла, состоящего из последовательности излучин, можно выделить множество вершин. Тогда, используя эти вершины в качестве характерных точек для идентификации

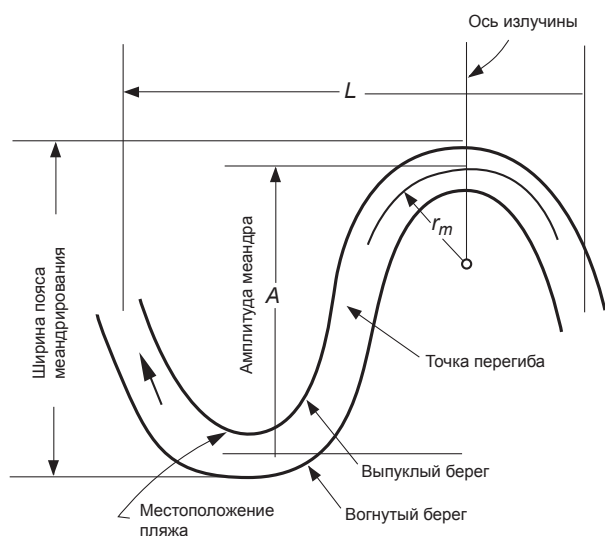


Рис. 2. Эскиз из работы (Leopold, Wolman, 1960) для определения терминов, используемых при описании геометрических характеристик меандра (поток справа налево)

Fig. 2. Sketch from the work (Leopold, Wolman, 1960) for defining terms used in describing the geometric characteristics of a meander (flow from right to left)

меандров (*Подход-2*), можно сказать, что *меандром называется участок русла между двумя последовательными вершинами, лежащими по одну сторону от оси меандра*, как это показано на рис. 1б. По причине отсутствия формально строгих определений и понятия «меандр», и его различных измерителей существует заметная неоднозначность в использовании различными авторами одних и тех же терминов, под которыми могут пониматься, по сути, различные параметры, — это обстоятельство отмечалось в ряде исследований (см., например, (Hasfurther, 1985)). Для иллюстрации такого положения дел сравним приведенные ниже рис. 2 и рис. 3, заимствованные соответственно из (Leopold, Wolman, 1960) и (Hasfurther, 1985). Авторы используют эти рисунки в своих работах для определения понятий, связанных с измерителями плановых форм меандров.

Основные различия между концепциями «излучина» и «меандр», а также между двумя подходами к определению меандра представлены в табл. 1, из которой видно, что при любом из двух подходов к

определению меандров возникает дополнительная неопределенность, связанная с композицией меандра:

При Подходе-1: какая из двух излучин, составляющих меандр, — **левая** (как на рис. 1а и рис. 3) **или правая** (как на рис. 2) — должна считаться первой в меандре;

При Подходе-2: какой ориентации — **левой** (как на рис. 1б) **или правой** (на рисунках не представлено) — должна быть излучина, целиком входящая в состав меандра.

Очевидно, что на участке русла достаточной протяженности для идентификации меандра можно использовать любую из перечисленных здесь опций, что означает неопределенность в выборе участка русла, называемого меандром; для излучин такой проблемы не возникает.

На самом деле, при работе с меандром неизбежно будет возникать еще одна проблема. На всех представленных здесь рисунках, заимствованных из зарубежных источников и являющихся типичными для иллюстраций меандров, точки перегиба, так же, как

Рис. 3. Эскиз из работы (Hasfurther, 1985) для определения параметров меандра (поток слева направо): λ_1 = линейная длина волны, M_1 = длина меандра, W = ширина русла, измеренная в точках перегиба, M_b = ширина меандра, f_w = ширина поймы (пояса меандрирования), r_c = радиус кривизны

Fig. 3. Sketch from the work (Hasfurther, 1985) for determining the parameters of a meander (flow from left to right): λ_1 = linear wavelength, M_1 = meander length, W = channel width measured at the inflection points, M_b = meander width, f_w = floodplain width (meandering belt), r_c = radius of curvature

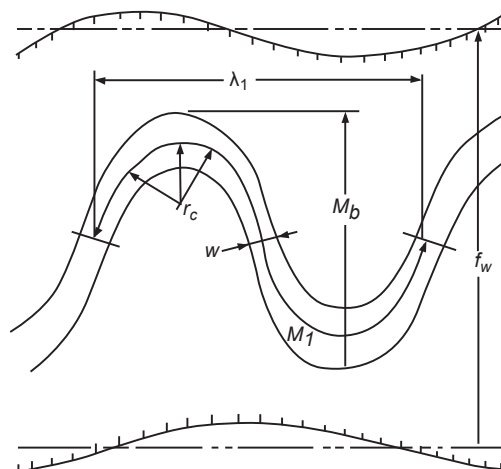


Таблица 1. Различия в подходах к определениям излучин и меандров**Table 1.** Differences in approaches to defining bends and meanders

Критерий	Излучина (советская/российская школа)	Меандр (западная школа)	
		Подход-1	Подход-2
Определение	Участок русла между двумя последовательными точками перегиба	Участок русла между тремя последовательными точками перегиба	Участок русла между двумя последовательными вершинами, лежащими по одну сторону от оси меандра
Композиция	Одиночная дуга, кривизна которой равна нулю на концах излучины и в пределах излучины сохраняет знак	Две последовательные излучины	~Половина излучины + излучина + ~половина излучины
Кол-во точек перегиба	2	3	2
Кол-во вершин	1	2	1

и вершины меандров, показаны лежащими на одной прямой. Но в натуре такая ситуация наблюдается далеко не всегда, чаще всего линия, их соединяющая, является ломаной, а тогда и сами меандры, и параметры, служащие для описания их планиметрии, могут не определяться однозначно, что, естественно, создает проблемы при их дальнейшей обработке. В этих условиях в состав меандра при *Подходе-2* будут входить, строго говоря, не точно половинки излучин, лежащие выше и ниже по течению от центральной излучины, как указано в табл. 1, а какие-то их части, определить которые заранее невозможно. Проблемы, возникающие при использовании подхода, при котором морфологической единицей служит меандр, постепенно становятся очевидными и для многих западных исследователей, которые всё чаще в своих работах в качестве структурной морфологической единицы русел меандрирующих рек фактически используют излучины, хотя и не акцентируют внимание на этом вопросе (см., например, (Crosato, 2008)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнивая два подхода к выбору морфологической единицы плановой конфигурации меандрирующего русла — излучины или меандра, нельзя не увидеть, что излучина является гораздо более определенной структурой по сравнению с меандром, и ее точная идентификация по осевой линии русла теоретически не вызывает больших затруднений. В то же время среди тех исследователей,

которые в своих работах ориентируются на использование концепта «меандр», единодушия нет даже по поводу определения этого понятия, т. е. какой участок речного русла следует называть меандром. Это обстоятельство предопределяет существенные различия и в значениях параметров, выбираемых в качестве характеристик этих морфологических единиц. Неоднозначность в определении их смысловых значений ведет к неточности определения их количественных значений, а потому морфометрические зависимости, полученные путем обработки подобных параметров, не могут считаться достаточно надежными и достоверными. Для получающего все большее применение ГИС-анализа, сопровождаемого разработками алгоритмов, позволяющих:

- идентифицировать водные объекты, включая водотоки, и определять очертания их береговых линий и плановую форму осевой линии русла;
- выявлять характерные точки на осевой, прежде всего точки перегиба;
- производить последующий анализ морфометрических параметров плановой формы меандрирующего русла, —

использование меандра в качестве структурной единицы такого анализа потребует преодоления неопределенностей, указанных выше, а потому можно рекомендовать разработчикам алгоритмов и другим специалистам, занимающимся исследованиями планиметрии рек, использовать излучину в качестве основной морфологической единицы плановой формы меандрирующего русла.

ЛИТЕРАТУРА

- Кондратьев Н.Е. Гидроморфологические основы расчетов свободного меандрирования // Труды ГГИ, 1968, вып. 155, с. 5–38.
- Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 274 с.
- Лежневский Н.С. О речных течениях и формировании речного русла // Труды 2-го съезда инженеров-гидротехников в 1893 г. СПб., 1893 (Вопросы гидротехники свободных рек. М.: Речиздат. 1948).
- Лохтин В.М. О механизме речного русла. СПб., 1897 (Вопросы гидротехники свободных рек. М.: Речиздат, 1948).
- Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: изд-во МГУ. 2004. 371 с.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД. 2011. 960 с.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ/USSR. 2008. 608 с.
- BSL Glossary – Geography curriculum terms [Электронный ресурс].
URL: <https://www.ssc.education.ed.ac.uk/BSL/geographyhome.html> (Дата обращения: 30.08.2025).
- Charlton R. Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge, London and New York. 2007. 234 p. ISBN 0-415-33453-5
- Crosato A. Analysis and modelling of river meandering. PhD Thesis, TU Delft. 2008. 251 p.
- Fargue L. La forme du lit des rivières à fond mobile, Paris: Gauthier-Villars. 1908.
- Hasfurther V.R. The use of meander parameters in restoring hydrologic balance to reclaimed stream beds // Chapter 2. The Restoration of rivers and streams: theories and experience / edited by James A. Gore. 1985. P. 21–40.
- Ielpi A., Lapôtre M., Finotello A., et al. Planform-asymmetry and backwater effects on river-cutoff kinematics and clustering // Earth Surface Processes and Landforms. 2020. Vol. 46, Iss. 2. P. 357–370. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.5029>
- Inglis C.C. The relationships between meander belts, distance between meanders on axis of stream, width, and discharge of rivers in flood plains and incised rivers: Ann. Rept. (Tech.), Central Board of Irrigation (India). 1937, 49 p.
- Jefferson M. Limiting width of meander belts. National Geographic Magazine, 1902. Vol. 13, P. 373–384.
- Leopold L.B., Wolman M.G. River channel patterns – braided, meandering, and straight: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 282B. 1957. P. 39–85.
- Leopold L.B., Wolman M.G. River Meanders. Geol. Soc. Am. Bull. 1960. Vol. 71. P. 769–794.
- Neuendorf K.K.E., Mehl J.P., Jackson J.A. Glossary of Geology (5th ed.). Alexandria, Virginia, American Geological Institute. 2005. 779 p.
- Rhoads B.L. River Dynamics: Geomorphology to Support Management // Chapter 9: The Dynamics of Meandering Rivers / Cambridge University Press; 2020. P. 197–233. DOI: 10.1017/9781108164108.009
- Smart Water Magazine [Электронный ресурс]. URL: <https://smartwatermagazine.com/q-a/what-a-meander#:~:text=1%20,eroding%20side-ways%20and%20slightly%20downstream> (Дата обращения: 30.08.2025).
- Stream Restoration. Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, March 25 to 29, 2001, Reno, Nevada.
- Williams G.P. River Meanders and Channel Size. Journal of Hydrology, 88. 1986. P. 147–164.

ОБ АВТОРЕ

Замышляев Виталий Иванович, ФГБУ «Государственный гидрологический институт», кандидат технических наук, научный сотрудник отдела русловых процессов.

Сл. адрес: 199004, Санкт-Петербург, 2-я линия В.О., д. 23

E-mail: viza51@mail.ru

“MEANDER” AND “BEND” AS MORPHOLOGICAL UNITS OF PLANIMETRY OF A MEANDERING CHANNEL: AN ANALYSIS OF EXISTING CONCEPTS

V.I. Zamyshlyaev

FSBI “State Hydrological Institute”, St. Petersburg, Russia

viza51@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the description and comparison of two approaches used in the study of the planimetry of meandering channels by methods of hydromorphological analysis: the approach developed and widely used in the Soviet (Russian) school of channel process research, in which the bend is taken as the basic morphological unit of a meandering channel, and the approach in which the basic morphological unit is the meander — this approach it is more common in the works of foreign authors. It is shown that the first approach, which defines a river bend as a section of the channel between two successive inflection points of the channel centerline, allows for unambiguous identification of bends during the processing of cartographic materials. At the same time, the formulations used in the second approach, in most cases do not even allow for precise identification of the section of the channel defined as a meander. Moreover, within the second approach, there are two methods for defining a meander. One method defines a meander as a section of the channel between three successive inflection points of the channel centerline, while the other method defines it as a section between two consecutive apexes lying on one side of the axial line of the meandering belt. Given the increasing use of semi-automated and automated procedures in conducting of hydromorphological analysis, it is becoming increasingly important to accurately identify the objects being analyzed. Therefore, the concept of “bend” seems to be more certain, technologically advanced and reliable than the concept of “meander”. So, when conducting morphometric analysis and searching for patterns in the plan configuration of meandering channels, it would make sense to rely primarily on the approach that uses the bend as the main morphological unit.

Keywords: channel process, GIS analysis, channel centerline, inflection points, systems of planimetric indexes for bends and meanders

REFERENCES

BSL Glossary - Geography curriculum terms [Electronic data]. Access way:

<https://www.ssc.education.ed.ac.uk/BSL/geographyhome.html> (Access date: 30.08.2025).

Chalov R.S. Riverbed studies: theory, geography, practice. Vol. 1. Riverbed processes: factors, forms of manifestation and conditions of formation of riverbeds. Moscow, LKI Publ., 2008, 608 p. (In Russ.)

Chalov R.S. Riverbed studies: theory, geography, practice. Vol. 2. Morphodynamics of riverbeds. Moscow, KRASAND Publ., 2011, 960 p. (In Russ.)

Chalov R.S., Zavadsky A.S., Panin A.V. River meanders / Scientific editor Chalov R.S. Moscow University Press, 2004. 371 p. (In Russ.)

Charlton R. Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge, London and New York. 2007. 234 p. ISBN 0-415-33453-5

Crosato A. Analysis and modelling of river meandering. PhD Thesis, TU Delft. 2008. 251 p.

Fargue L. La forme du lit des rivières à fond mobile, Paris: Gauthier-Villars. 1908.

Hasfurther V.R. The use of meander parameters in restoring hydrologic balance to reclaimed stream beds // Chapter 2. The Restoration of rivers and streams: theories and experience / edited by James A. Gore. 1985. P. 21–40.

Ielpi A., Lapôtre M., Finotello A., et al. Planform-asymmetry and backwater effects on river-cutoff kinematics and clustering // Earth Surface Processes and Landforms. 2020. Vol. 46, Iss. 2. P. 357–370. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.5029>

Inglis C.C. The relationships between meander belts, distance between meanders on axis of stream, width, and discharge of rivers in flood plains and incised rivers: Ann. Rept. (Tech.), Central Board of Irrigation (India). 1937, 49 p.

Jefferson M. Limiting width of meander belts. National Geographic Magazine, 1902. Vol. 13. P. 373–384.

Kondrat'ev N.E. Hydromorphological basis of calculations of free meandering // Trudy GGI. 1968. Iss. 155, p. 5–38. (In Russ.)

Kondrat'ev N.E., Popov I.F., Snishchenko B.F. Fundamentals of the hydromorphological theory of the

channel process. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1982, 282 p. (In Russ.)

Lelyavskiy N.S. About river currents and formation of river channels // Trudy 2-go s'ezda inzhenerov-gidrotexnikov v 1893. St. Petersburg, 1893. (Problems of hydrotechnics of free rivers. M.: Rechizdat, 1948). (In Russ.)

Leopold L.B., Wolman M.G. River channel patterns — braided, meandering, and straight: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 282B. 1957. P. 39–85.

Leopold L.B., Wolman M.G. River Meanders. Geol. Soc. Am. Bull. 1960. Vol. 71. P. 769–794.

Lokhtin V.M. About the mechanism of the river channel. SPb., 1897. (Problems of hydrotechnics of free rivers. M.: Rechizdat, 1948). (In Russ.)

Makkaveev N.I. Riverbed and erosion in its basin. Moscow, AN USSR Publ., 1955, 347 p. (In Russ.)

Neuendorf K.K.E., Mehl J.P., Jackson J.A. Glossary of Geology (5th ed.). Alexandria, Virginia, American Geological Institute. 2005. 779 p.

Rhoads B.L. River Dynamics: Geomorphology to Support Management // Chapter 9: The Dynamics

of Meandering Rivers / Cambridge University Press; 2020. P. 197–233. DOI: 10.1017/9781108164108.009

Smart Water Magazine [Electronic data]. Access way: <https://smartwatermagazine.com/q-a/what-a-meander#:~:text=1%20.,eroding%20side-ways%20and%20slightly%20downstream> (Access date: 30.08.2025).

Stream Restoration. Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, March 25 to 29, 2001, Reno, Nevada.

Williams G.P. River Meanders and Channel Size. Journal of Hydrology, 88. 1986. P. 147–164.

ABOUT THE AUTHOR

Zamyshlyaev Vitaly Ivanovich, FSBI “State Hydrological Institute”. Candidate of technical sciences (PhD), Researcher at the Department of Channel Processes

Office address: 199004, Russian Federation, St. Petersburg, Vasilyevsky Island, 2nd line, 23

E-mail: viza51@mail.ru