

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Географический факультет

Р.С. Чалов, А.С. Завадский, А.В. Панин

# РЕЧНЫЕ ИЗЛУЧИНЫ

<http://makkaveev-lab.narod.ru>

Москва – 2004

ISBN 5-89575-1  
УДК 627.152.122

**Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины.**  
Научный редактор Р.С. Чалов. М.: изд-во МГУ. 2004 г. 371 с. илл.

В книге впервые с единых методологических позиций рассмотрена вся совокупность вопросов, связанных с процессом меандрирования. Дан анализ механизма формирования и эволюции речных излучин, их гидролого-морфологические характеристики. Предложены схемы развития вынужденных, адаптированных и врезанных излучин. Впервые рассмотрены палеогеографические аспекты развития речных излучин.

Рассчитана на специалистов в области русловых процессов, гидрологов, геоморфологов, гидротехников.

*Выполнено при финансовой поддержке Российского фонда  
фундаментальных исследований (проекты №№ 03-05-64302, 03-05-64021) и  
гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ  
(проект НШ-1443.2003.5)*

*Печатается по решению Межвузовского научно-координационного совета  
по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ*

Рецензенты: доктор географических наук, профессор Н.И. Алексеевский  
кандидат географических наук, доцент А.Н. Кичигин

*Посвящается 250-летию Московского государственного университета  
им. М.В. Ломоносова  
и  
95-летию со дня рождения и 50-летию  
научной работы в МГУ профессора  
Маккаеева Николая Ивановича  
(1908-1983)*

© Российский фонд фундаментальных исследований  
© Коллектив авторов  
© Географический факультет МГУ

Moscow State Lomonosov University  
Faculty of Geography

**R.S. Chalov, A.S. Zavadsky, A.V. Panin**

# **RIVER MEANDERS**

Moscow – 2004

ISBN 5-89575-1

**Chalov, R.S., Zavadsky, A.S., Panin, A.V. River meanders.**

Scientific editor Chalov, R.S. Moscow University Press, 2004. 371 p. pictures

The book describes different aspects of river meandering: physical reasons of straight channel instability and origin of meanders, flow hydraulics and sediment transport in channel bends, relationship between channel parameters and hydrological characteristics (hydromorphological equations), development of individual meanders and long-term evolution of meandering channels in a palaeogeographical context.

The publication is intended for specialists and students in river hydrology and geomorphology, river management and engineering.

*The research was fulfilled under RF President Grant  
to support the Leading Scientific Schools (HIII 1443.2003.5) and Russian Fund  
of Basic Research (Projects № 03-05-64021, № 03-05-64302)*

Reviewers: Doctor of Science (Geography), professor N.I. Alexeevsky  
PhD (Geography), associate professor A.N. Kichigin

*Посвящается 250-летию Московского государственного  
университета  
им. М.В. Ломоносова*

*и  
95-летию со дня рождения и 50-летию  
научной работы в МГУ профессора  
Маккавеева Николая Ивановича  
(1908-1983)*

© Russian Fund of Basic Research  
© Team of contributors  
© Faculty of Geography, Moscow State University

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b><u>Введение</u></b> .....	6
<b><u>Глава 1. Излучины как морфодинамический тип русла</u></b> .....	9
1.1. Излучины и их разновидности в классификациях речных русел .....	9
1.2. Морфологические элементы и параметры излучин .....	27
1.3. Критерии выделения извилистых, разветвленных и относительно прямолинейных, неразветвленных русел .....	30
1.4. Типизация излучин .....	35
<b><u>Глава 2. Формирование излучин</u></b> .....	44
2.1. Причины и механизм образования излучин .....	44
2.2. Условия формирования излучин .....	51
2.3. Динамика потока и движение наносов на изгибе русла .....	68
<b><u>Глава 3. Свободные излучины</u></b> .....	95
3.1. Формы и механизм смещения излучин .....	95
3.2. Стадии развития и условия спрямления излучин .....	110
3.3. Асимметрия формы излучин .....	129
3.4. Гидролого-морфологический анализ .....	138
3.5. Изменение параметров излучин по длине реки .....	164
3.6. Разветвленно-извилистые русла и меандрирование рукавов .....	168
3.7. Излучины динамической оси потока в прямолинейном русле .....	182
<b><u>Глава 4. Вынужденные и адаптированные излучины</u></b> .....	193
4.1. Излучины адаптированного русла .....	193
4.2. Вынужденные и вписанные излучины широкопойменного русла .....	198
<b><u>Глава 5. Врезанные излучины</u></b> .....	210
5.1. Условия формирования врезанных излучин .....	210
5.2. Генетические типы врезанных излучин .....	224
5.3. Параметры врезанных излучин и их связь с литологией горных пород и водностью рек .....	229
5.4. Макроизлучины и изгибы русла, не связанные с процессом меандрирования ..	232
<b><u>Глава 6. Рельеф русла на излучинах</u></b> .....	251
<b><u>Глава 7. Меандрирование русел и формирование пойм</u></b> .....	259
7.1. Образование, морфометрия и распространение пойм меандрирующих рек .....	259
7.2. Формирование рельефа пойм меандрирующих рек .....	263
<b><u>Глава 8. Палеогеографический анализ свободного меандрирования</u></b> .....	276
8.1. Методика палеоруслового анализа .....	276
8.2. Трансформация меандрирующих русел на рубеже позднеледниковья и голоцена .....	287
8.3. Основные тенденции развития меандрирующих русел в голоцене .....	297
<b><u>Глава 9 География меандрирующих русел</u></b> .....	312
9.1. Географические факторы меандрирования русел .....	312
9.2. Региональный анализ распространения меандрирующих рек (на примере Северной Евразии) .....	323
9.3. Характеристика меандрирования рек в бассейне реки (на примере верхней и средней Оби) .....	335
9.4. Оценка русловых деформаций на больших реках с меандрирующим руслом (на примере Оки и Вычегды) .....	342
<b><u>ЛИТЕРАТУРА</u></b> .....	350

## ВВЕДЕНИЕ

Речные излуины (меандры) – феномен, на который обращали внимание на всех этапах освоения рек. Отсюда и народные корни самого термина – излуина, излука, лука (по В.И. Далю: «излука, излуина – крутой изгиб реки», «лука – изгиб, погиб, кривизна; ...поемный луг, огибаемый рекой»), и наличие международных терминов для их обозначения – меандры (river meander), меандрирование рек, вошедшие в обиход благодаря первому научному описанию сильно извилистой реки Меандр в Малой Азии. Извилистость русел в целом (собственно излуины рек), их рукавов на разветвленных реках или стрежня потока вокруг побочной делает это явление практически всеобщим, хотя на излуины самого русла, т.е. изгибы потока, нашедшие отражение в форме береговой линии, приходится около 70% длины всех рек (Северная Евразия). При этом одни излуины находятся среди затопляемой в периоды высокой воды поймы, постоянно меняют свою конфигурацию, в их пределах происходят размывы берегов, углубляются одни участки русла и формируются мелководные перекаты на других, со временем они спрямляются с образованием речных стариц и старичных озер (тоже народные термины, вышедшие в научный лексикон); другие излуины практически не меняют во времени свои очертания в плане, имеют высокие незатопляемые берега, которые не размываются рекой, отступая лишь вследствие провоцируемых потоком гравитационных процессов на склонах (оползней, обвалов). На одних русловые деформации проявляются повседневно, сказываясь на условиях использования рек в различных отраслях экономики и жизнедеятельности людей на их берегах; на других перестроения русла можно установить только на протяжении длительных отрезков времени, соизмеримых с геологическими периодами, они отражаются в морфологии долин и представляют интерес в основном для геоморфологических построений.

Речным излуинам и процессам меандрирования посвящена обширная литература. Вся история развития учения о русловых процессах (русловедения) связана с изучением этого феномена. При этом все исследования можно разделить на два основных направления: гидродинамическое, в котором изучались кинематика потока на изгибе русла, циркуляционные течения, распределение скоростей потока и т.д., и гидролого-морфологическое, акцентирующее внимание на формах излуин, их эволюции, смещении, стадиях развития, условиях спрямления, размывах берегов. Первое в основном опирается на данные лабораторных экспериментов (И.Л. Розовский, М.А. Великанов, А.Н. Ляпин и др.), теоретические разработки (К.В. Гришанин, Н.Е. Кондратьев, В.И. Замышляев) и реже – на результаты натуральных исследований. Второе, наоборот, развивалось главным образом при изучении излуин и процесса меандрирования на конкретных реках (И.В. Попов, Н.И. Маккавеев, Р.С. Чалов, А.Ю. Сидорчук), тогда как лабораторные ис-

следования в этом направлении весьма немногочисленны (наверное, наиболее серьезными среди них являются работы Н.И. Маккавеева с сотрудниками [Экспериментальная геоморфология, 1969]). Попытка объединить эти направления в одном труде на основе единого методологического подхода была предпринята Н.И. Маккавеевым [1955] и в коллективной монографии ГГИ «Русловой процесс» [Кондратьев, Ляпин и др., 1959]. Эти работы, опубликованные уже почти полвека тому назад, опирались на результатах исследований, выполненных к тому времени. Несмотря на это они до сих пор сохраняют свое значение, а полученные в них выводы и модели являются и сейчас основополагающими.

Тем не менее в последующие десятилетия продолжающиеся исследования, особенно натурные, получившие наибольший размах в 60-80-е годы XX столетия, позволяют по-новому подойти к решению ряда вопросов, связанных с развитием излучин как следствия взаимодействия потока и русла, уточнить и детализировать некоторые представления, в частности, о стадийности процесса меандрирования, о гидролого-морфологических зависимостях извилистого русла, об асимметрии форм излучин и т.д. Был выполнен ряд специальных исследований, результаты которых разбросаны в различных журналах, сборниках статей, ведомственных изданиях и трудах научно-исследовательских институтов.

При натурном изучении излучин основное внимание уделяется свободному меандрированию. Более того, в трудах ГГИ реки с врезанными излучинами относятся к немеандрирующим и практически исключаются из объектов исследований. По существу этот тип излучин является предметом изучения не русловедения (учения о русловых процессах), а флювиальной геоморфологии. Исключение составляет лишь работы Н.И. Маккавеева и Н.В. Хмелевой, в которых впервые врезанные излучины были рассмотрены с позиций механизма русловых процессов. Впоследствии этот подход получил дальнейшее развитие, но главным образом в рамках исследований, выполненных в МГУ.

В последние два десятилетия возник и стал активно развиваться палеогидрологический подход к изучению процесса меандрирования, основанный не только на восстановлении бывших за время формирования поймы положений меандрирующего русла, но и определении их возраста и той ландшафтно-климатической обстановки, которая имела место на разных этапах развития и спрямления речных излучин. Если изучение самого процесса свободного меандрирования связано с решением многих конкретных задач, возникающих при использовании рек, то палеорусловой анализ открывает пути к разработке долгосрочных прогнозов русловых деформаций в связи с глобальными изменениями природной среды и климата, в том числе под влиянием все возрастающей хозяйственной деятельности.

Все это создало предпосылки для выполнения обобщений на современном уровне имеющихся данных о речных излучинах всех типов и разновидностей, их развитии, включая палео- и исторические аспекты про-

блемы. Попытку такого обобщения предприняли авторы книги, опираясь в основном на материалы собственных исследований излучин, в первую очередь, натуральных, выполненных в ходе экспедиционных работ на многих реках бывшего СССР, а также на анализ картографических и аэрокосмических данных за многолетний период. Вместе с тем широко использованы и обобщены литературные данные, причем в ряде случаев главное внимание уделялось обзору зарубежной литературы, сравнительно слабо известной в России. Некоторые разделы книги носят компилятивный характер, поскольку рассмотренные в них вопросы авторы специально не исследовали, но без их освещения обобщение было бы неполным. Очевидно, что некоторые выводы носят дискуссионный характер, другие – постановочный и требуют дальнейшей разработки.

Авторы благодарят своих коллег по экспедиционным исследованиям, а также принимавшим участие в обсуждении на разных этапах результатов исследований, в первую очередь, докторов географических наук Н.И. Алексеевского, К.М. Берковича, А.Ю. Сидорчука, кандидатов географических наук А.М. Алабяна, А.А. Зайцева, В.В. Иванова, Б.В. Матвеева, С.Н. Рулеву, В.В. Суркова, А.В. Чернова.

В основу книги положены две кандидатские диссертации, выполненные с интервалом почти в 10 лет А.В. Паниным и А.С. Завадским под научным руководством профессора Р.С. Чалова. При этом А.С. Завадский занимался вопросами свободного меандрирования, А.В. Панин – развитием врезанных излучин.

Отдельные разделы книги написаны: Р.С. Чаловым (Введение; разделы 1.3, 3.6, 3.7, 4.1, 4.2, 7.1, 7.2), А.С. Завадским (разделы 3.3, 3.5, 9.1, 9.4), А.В. Паниным (разделы 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 8.1, 8.2, 8.3). Совместно всеми тремя авторами написаны разделы 2.1, 2.2, Р.С. Чаловым и А.С. Завадским – разделы 1.1, 1.2, 1.4, 3.1, 3.2, глава 6, 9.2, 9.3, Р.С. Чаловым и А.В. Паниным – раздел 2.3, А.С. Завадским и А.В. Паниным – раздел 3.4. Графическое оформление книги выполнено Н.В. Анисимовой, которой авторы выражают особую благодарность. Общее руководство работой над книгой и научное редактирование осуществлял Р.С. Чалов.

