

УДК 551.435.1→556.51/54

© 2019 г. Р.С. ЧАЛОВ**О МОРФОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ И ТИПИЗАЦИИ РУСЕЛ РЕК,
РАЗВЕТВЛЕННЫХ НА РУКАВА**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия
E-mail: rschalov@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.10.2018

После доработки 11.11.2018

Принята к печати 19.03.2019

Многообразие каждого из основных типов разветвленных русел, выделяемых в морфодинамической классификации МГУ, обусловлено условиями их формирования, неодинаковой устойчивостью русел и другими факторами. Это многообразие определяется количеством, размерами и формой островов, образующих разветвления, формированием островов в рукавах, создающих разветвления 2-го и 3-го порядков, наличием пойменных ответвлений (пойменной многорукавностью), симметричностью или асимметричностью самих разветвлений, развитостью излучин рукавов, поток которых огибает острова, водностью рукавов и рассредоточением стока по ним в разные фазы водного режима (многоводные и маловодные годы) и т. д. Разветвления русла возникают при образовании прорванных излучин. На крупнейших реках встречаются раздвоенные русла, рукава которых в разных частях днища долины отличаются по своему русловому, а иногда и водному режиму. Свои особенности имеют разветвления широкопойменных или врезанных русел, формирующиеся в реках с односторонней поймой. В результате одиночные, сопряженные, пойменно-русловые, параллельно-рукавные, односторонние, чередующиеся односторонние разветвления могут быть как простыми (например, одиночные или звенья сопряженных, образованные одним островом), так и сложными, причем последние представлены несколькими разновидностями. Выделение различных морфологических типов, подтипов и разновидностей разветвлений непосредственно связано и определяет методы управления русловыми процессами при водохозяйственном, водотранспортном освоении рек, прокладке через реки коммуникаций и т. д.

Ключевые слова: русловые процессы, разветвления русел, рукава, пойменная и русловая многорукавность, острова, островные массивы, устойчивость русел, водность рукавов.

<https://doi.org/10.31857/S0435-4281201933-18>

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF CHANNEL PATTERNS OF BRAIDED RIVERS

R.S. CHALOV

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia
E-mail: rschalov@mail.ru

Received 05.10.2018

Revised 11.11.2018

Accepted 19.03.2019

S u m m a r y

The paper presents the description of main channel types of braided rivers distinguished in the channel pattern classification produced in the Moscow State University. It is shown that the diversity of braided channels is determined by various conditions of their formation, different degree of channel stability and other factors. This diversity is defined by the number, size and shape of islands, formation of islands in channel arms, composing bifurcations of the 2nd and 3rd orders, presence of floodplain branches (floodplain multi-channel), symmetry or asymmetry of braided reaches themselves, development of the bends of the branches, water discharge of the branches and distribution of runoff over them in different phases of water regime, high- and low-water years, etc. Also braided channel reaches occur when cut-off meanders are formed (incomplete meandering). On the largest rivers there are braided reaches which are characterized by the development of branches in different parts of the river valley bottom and differing in their channel and even water regime. Certain features are typical for braided reaches of wide-floodplain or incised channels, for rivers with a one-sided floodplain. As a result single, conjugated, floodplain, parallel branches, one-sided, alternate one-sided braided reaches can be either simple (for example, single or parts of conjugated formed by one island) or complex, and the latter are represented by several varieties. The identification of various morphological types, subtypes and varieties of braided channel reaches is directly connected and determines the methods of channel processes management in water economy and water transport development of rivers, construction of communications through rivers, etc.

Keywords: channel processes, braided channel reaches, branches, floodplain and in-channel braided reaches, islands, clusters of islands, channel stability, channel branches water content.

Введение

Русла рек, разветвленных на рукава (русловая многорукавность), представляют собой наиболее сложный и разнообразный по морфологическим проявлениям тип речных русел. Из-за рассредоточения стока воды по рукавам, зависящего от формы узлов разделения и слияния, в них возникает неодинаковая специфическая гидродинамическая структура потока, характеризующаяся большим разнообразием переформирований. Формируясь в широкопойменном и врезанном русле, они вызывают большие затруднения при эксплуатации рек как водных путей сообщения, прокладки через реки коммуникаций, использовании водных ресурсов, защиты берегов рек на освоенных территориях от размыва и т.д. При этом, чем больше река и ее водоносность, тем больше вероятность разветвленности ее русла. Действительно, многорукавность свойственна большинству больших и крупнейших рек (Обь, Лена, Енисей, Амур, Северная Двина, нижняя Волга и др.), формируясь даже на участках с врезанным руслом (верхняя и средняя Лена, Северная Двина, Ангара). На средних и малых реках преобладают неразветвленные, главным образом, меандрирующие русла, а разветвления, как правило, относительно простых форм встречаются лишь в определенных условиях (например, в зонах подпора потока от сужения днища долины).

Русла рек, разветвленные на рукава — один из трех основных морфодинамических типов русел. По протяженности они составляют в пределах бывшего СССР около

30–35% длины всех русел. На некоторых больших и крупнейших реках они абсолютно преобладают: на Северной Двине — 75% длины, Оби — более 60%, нижней Печоре — 43%, на Лене от г. Якутска до Ленской “трубы” — более 90%. Это определяет пристальное внимание к русловым разветвлениям в отечественной [1–15] и зарубежной [16–19] литературе. Тем не менее, анализ морфологии разветвлений, условий их развития и режима перестроений в большинстве существующих классификаций ограничивается наиболее общими характеристиками, не учитывающими их огромное разнообразие. Выделяется не более двух-четырех их разновидностей, основывающихся на разных признаках, например, осередковая или русловая и пойменная много рукавность [14]; двурукавные и многорукавные русла с разделением их на равнинных и горных реках [19] и т. д. Исключение представляет подход к русловым разветвлениям, развиваемый в МГУ [1, 10, 11]. В разработанной здесь классификации рассматриваются 11 их разновидностей, присущих рекам с широкопойменными руслами. Из них 5 встречаются также у адаптированных и врезанных русел. Причем у последних важным является и генезис разветвлений — аккумулятивный или скульптурный (на выступах коренных пород). При этом учитываются, с одной стороны, взаиморасположение островов, образующих узлы (звенья) разветвлений, размеры островов и островных массивов, количество островов, составляющих каждый узел разветвления и соответственно степень разветвленности русла, определяющие сопряженность или автономность в развитии отдельных узлов разветвлений, а с другой, в каждом узле разветвления, наличие вторичной разветвленности или извилистости рукавов. Главное в таком подходе — соответствие морфологии разветвлений режиму и специфике их перестроений, вследствие чего сама классификация называется морфодинамической. Каждый тип разветвлений характеризуется присущими только ему гидролого-морфологическими зависимостями [1, 15, 20, 21], что свидетельствует, наряду с особенностями режима перестроений, об объективности выделения типов русла. Такое построение классификации позволяет добавлять новые ячейки, соответствующие типам разветвлений, которые выявляются по мере их изучения, создавать в ней новые уровни (блоки), позволяющие учесть все большее морфологическое и динамическое разнообразие разветвлений. Именно это морфодинамическое разнообразие разветвлений — предмет рассмотрения настоящей статьи.

Многоуровненность классификации (типы русловых процессов — горные, полугорные, равнинные → геоморфологические типы русла — широкопойменные, врезанные, адаптированные → морфодинамические типы русел — извилистые, разветвленные, относительно прямолинейные → подтипы каждого из них → разновидности последних) отражают дискретные свойства русловых процессов, с одной стороны, и их континуальность, взаимосвязанность и последовательность развития русла на каждом уровне, с другой. Это позволяет использовать ее в зависимости от степени учета русловых процессов при решении водохозяйственных, гидротехнических, водотранспортных и других задач. В одних случаях достаточно выделения только основного типа русла (например, разветвленного или извилистого), в других — нужно знать тип разветвления, а иногда — и разновидности последних, сопровождая их характеристику оценкой устойчивости русла, состава руслообразующих наносов и т. д.

Исходные материалы

В 2017 г. опубликована последняя версия морфодинамической классификации речных русел МГУ [22], согласно которой разветвления подразделяются: у широкопойменных русел на одиночные, сопряженные, односторонние, чередующиеся односторонние, параллельно-рукавные, пойменно-русловые, раздвоенные (фуркация), дельтовые, разветвлено-извилистые, разбросанные и разветвления в узлах слияния рек; у адаптированных — на одиночные, сопряженные, односторонние, параллельно-рукавные, разбросанные; у врезанных — на скульптурные, скульптурно-аккумулятив-

ные, аккумулятивные и разветвления в узлах слияния рек (с текстовым разъяснением, что морфодинамически они такие же, как и разветвления адаптированных русел). Принципиальные схемы деформаций каждого из этих типов разветвлений достаточно подробно разработаны на обширном фактическом материале и содержатся в ряде обобщающих [1, 13, 20, 22, 23] и многочисленных региональных (по конкретным рекам) публикациях. Кроме того, среди широкопойменных русел были выделены также пойменные проточно-озерные разветвления [24–26], в которых рукава или пойменные протоки протекают (впадают и вытекают) через крупные пойменные озера различного происхождения. На Хуанхэ это реликтовое древнее озеро, в значительной мере заполненное наносами; на Тереке — остатки разлива реки в пониженной части поймы, образовавшегося при прорыве прирусловых повышений (валов); на Оби — соры, представляющие собой обширные водоемы в тыловых частях поймы — следствие повышения уровней грунтовых вод при направленной аккумуляции наносов в русле; на Амуре — приустьевые разливы притоков — также следствие направленной аккумуляции наносов на главной реке.

Рассредоточение потока по рукавам возникает при образовании прорванных излучин, в которых одновременно функционируют и старица, и новое спрямляющее излучину русло — рукав. Разветвления формируются также в руслах любого типа как формы 2-го или 3-го порядков [11, 27], выделенные в классификационной схеме отдельным блоком, но сами пока не типизированные. С их учетом перечень типов разветвлений расширяется (рис. 1).

Таким образом, при типизации многорукавных русел к ним следует относить все случаи разделения потока и рассредоточения стока, включая прорванные излучины, разветвления, формирующиеся на крыльях и в привершинных частях излучин, разветвления 2-го и 3-го порядков в меандрирующем или относительно прямолинейном русле. Речь идет об островных и пойменных разветвлениях; осерёдковые и точечные разветвления, относящиеся к другому уровню проявлений русловых процессов, здесь не рассматриваются.

Кроме того, каждый тип разветвления, как показывает изучение руслового режима рек, разветвленных на рукава, имеет разновидности, которые обычно не включаются в классификационные схемы и рассматриваются лишь в рамках руслового анализа конкретных рек. Основу для выделения как разновидностей разветвлений того или иного типа, составляют материалы многолетних (начиная с 1957 г.) исследований рек с многорукавными руслами, позволившие разработать морфодинамическую классификацию русел рек, отличную по своей структуре и принципам построения от известной “типизации русловых процессов” ГГИ. Русловые крупномасштабные исследования разветвлений проводились, иногда с неоднократной повторностью, на Сев. Двине и Вычегде, Печоре, Мезени, Оби, Енисее, Лене, Амуре, их притоках; были привлечены опубликованные данные по нижней Волге [28], Аргуни [29] и другим рекам. При этом в ходе исследований проводились с различной детальностью съемка и промеры русел, измерения расходов воды и взвешенных наносов в рукавах и протоках, определялась структура потоков, строение и интенсивность размыва берегов; для руслового анализа привлекались лоцманские карты и карты русел, фиксирующие состояние русел в разные временные интервалы, начиная с конца XIX — середины XX вв.

Разветвления и их соотношение с другими морфодинамическими типами русла

Уже само выделение 11 типов разветвлений свидетельствует о многообразии русловой многорукавности — от достаточно простых одиночных разветвлений до сложных по морфологии и динамике параллельно-рукавных. При этом один и тот же тип разветвлений неодинаков на реке с руслами неустойчивыми, слабоустойчивыми и устойчивыми, широкопойменными, адаптированными и врезанными, а среди по-

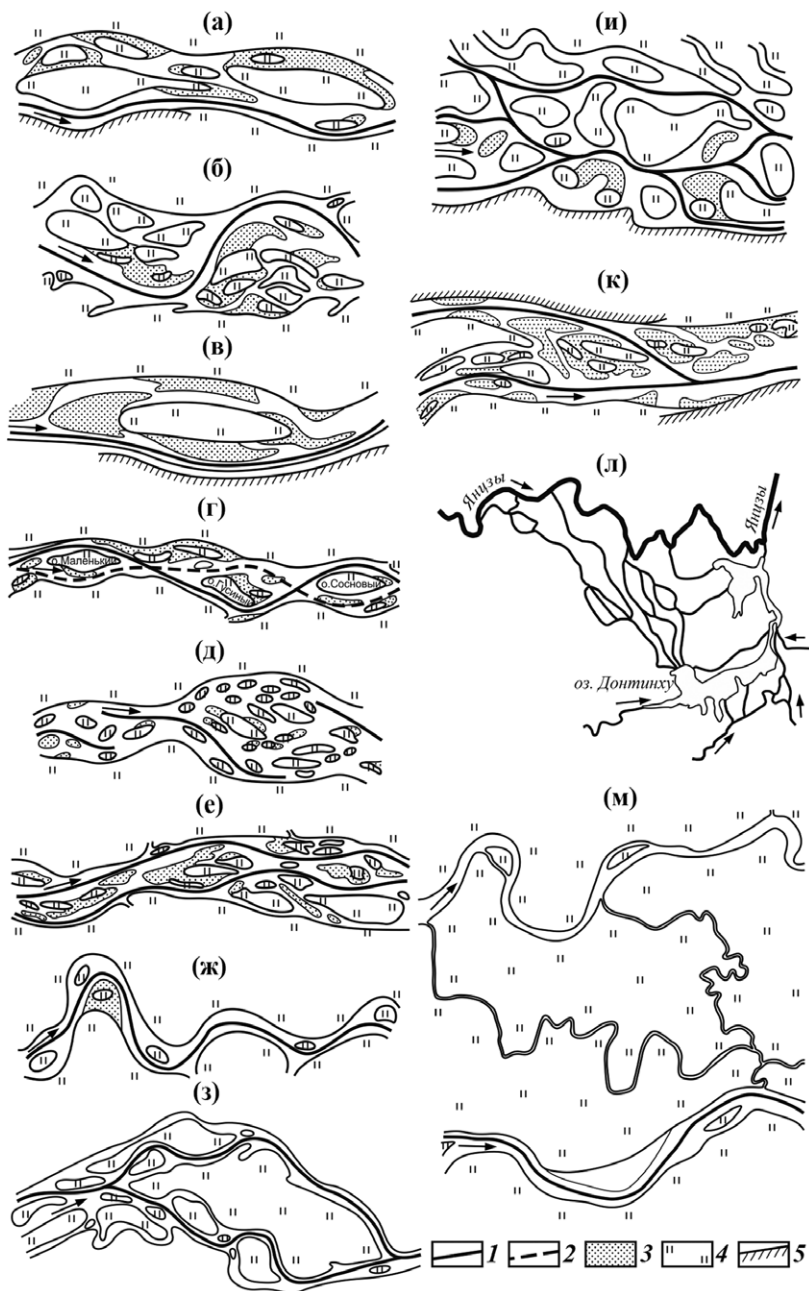


Рис. 1. Основные морфодинамические типы русел рек, разветвленных на рукава (по [1], с изменениями и дополнениями): (а) — односторонние (р. Обь, Кереевское разветвление); (б) — чередующиеся односторонние (р. Лена, ниже Кангаласского камня); (в) — одиночное (р. Вычегда, Тимасовское); (г) — сопряженное (р. Обь, Орско-Борское-Гусиное-Белоглинское); (д) — сложное сопряженное (р. Лена, ниже устья р. Виллюя); (е) — параллельно-рукавное (р. Обь, Фоминское-Усть-Ануйское); (ж) — разветвленно-извилистое (р. Обь, Тягловские излуины); (з) — пойменно-русловое (р. Киренга, Щучье); (и) — разбросанное (р. Катунь, нижнее течение); (к) — пойменное озерно-проточное (р. Янцзы, равнина Лянху); (л) — раздвоенное (р. Обь, Юганское).

1—2 — основные положения стрежня потока; 3 — прирусловые отмели; 4 — пойма; 5 — коренные берега

следних — формирующихся в скальных или пластичных грунтах, с песчаным или галечно-валунным составом руслообразующих наносов, на реках, аккумулирующих наносы или врезающихся. Возникают и другие условия, обуславливающие морфологические и динамические различия типов разветвлений, позволяющие в каждом из них выделять те или иные разновидности.

Проблема усугубляется тем, что, наряду с русловой (основной) разветвленностью, на реках с широкопойменными руслами возникает при определенных условиях (в основном там, где руслоформирующий расход проходит при затопленной пойме и по ней во время высокого половодья/паводков возникает мощное транзитное течение) пойменная многорукавность. Она расчленяет пойму на отдельные массивы (широтный отрезок средней и нижней Обь, Сев. Двина, Лена, Печора, нижняя Волга), причем часть ответвлений имеет местные названия: полои на Северной Двине, шары на Печоре, воложки на Волге. Пойменная многорукавность свойственна многим меандрирующим рекам (Вычегда, нижний Дон, Вилуй). При этом истоки и устья таких ответвлений часто находятся в рукавах основного русла реки. Суммарная водность их в половодье может достигать 15–20% (т.е. сток воды в них очень существенный), но в межень снижается до долей процента, вплоть до полного обсыхания и превращения в цепочку озер — бывших плесовых ложин. Вместе с тем рукава в пойменно-русловых разветвлениях и тем более раздвоенные русла характеризуются своими морфодинамическими типами и гидролого-морфологическими зависимостями. В пойменно-русловых разветвлениях (они, как правило, приурочены к местам, где река перемещается от одного борта долины к другому, вследствие чего имеет место несовпадение направлений пойменного и руслового потоков), эти характеристики в каждом рукаве практически неизменны. Но в раздвоенном русле они существенно изменяются, т.к., имея протяженность десятки и даже сотни километров, каждый рукав имеет свои водосборы, принимает притоки, а при наличии пойменной многорукавности — пойменные протоки — ответвления, по которым осуществляется гидравлическая связь между основными рукавами. На средней Оби раздвоенное русло образуют Обь и протоки-рукава Юганская Обь, Б. Салманская и Неулёва, на нижней Оби — Горная и М. Обь, на нижней Волге — р. Ахтуба, на нижнем Дону — р. Аксай, на Днестре — р. Турунчук. Например, водность Юганской Оби при ее ответвлении от основного русла в половодье составляет 17%, тогда как в устье — 36%: помимо многочисленных пойменных проток и слива воды с затопленной поймы она принимает два левобережных притока Оби — Б. Юган и Б. Салим. Соответственно, не только изменяются параметры излучин Юганской Оби, но и наряду с ними появляются русловые разветвления.

Генезис раздвоенных русел и водность вторых рукавов очень разнообразны: наименьшей характеризуется Ахтуба, на которую приходится не более 3% от стока Волги (она — реликт дельты заполнения ингрессионного залива при понижении уровня моря [28]); наибольший — рукава средней и нижней Оби (до 40%), являющиеся следствием направленной аккумуляции наносов.

Пойменно-русловые разветвления часто встречаются на меандрирующих реках (Вычегда, Ока, причем оба рукава в них меандрируют), и в рукавах раздвоенных русел (Обь). На меандрирующих реках также встречаются пойменные проточно-озерные разветвления (Янцзы, нижний Терек). Если учесть все возможные варианты разветвлений русел рек и рассредоточения стока воды по рукавам и протокам (имеются в виду пойменные ответвления от основного русла), то, по экспертной оценке, доля многорукавных русел возрастает до 50–60% от общей длины рек Северной Евразии. Поэтому при построении полной классификации речных русел надо исходить из принципа “ножниц”: в зависимости от целей, уровня и масштаба исследования морфодинамически русло реки может быть отнесено к тому или иному типу. Например, на мелко-масштабной (м-б 1:4000000) карте [30] русло большей части средней и нижней Оби показано как разветвленное, осложненное пойменной многорукавностью; в “Атласе Ханты-Мансийского (Югра) АО” русла выделены в каждом из рукавов раздвоенных русел Оби и Юганской Оби, М. и Горной Оби [31].

Морфологические разновидности разветвлений разного типа

Формирование разветвлений начинается с образования в русле осередка, его зарастания и превращения в элементарный остров [1, 10]. Объединение двух и более таких островов приводит к возникновению сначала больших островов, а затем островных массивов. При минимуме гидравлических сопротивлений, которые эти образования оказывают потоку, они имеют каплевидную форму с соотношением длины L_o и ширины B_o острова $L_o/B_o = 3-4$ [1, 32-34]. При дальнейшей эволюции она может трансформироваться в удлиненную ($L_o/B_o > 3-4$) при регрессивном смещении или овальную ($L_o/B_o < 3-4$) форму при поперечном (по отношению к оси русла) развитии острова. Соответственно изменяются очертания *одиночных разветвлений* (рис. 2), которые в данном случае относятся к простым (рис. 3а). В отличие от них сложные построенные своеобразные “архипелаги” состоят из нескольких больших и/или элементарных островов, а иногда тех и других, разделенных межостровными протоками (рис. 3г) или одной или несколькими поперечными протоками, по которым осуществляется гидравлическая связь между обоими рукавами (рис. 3д). Но если водность межостровных проток составляет доли процента — первые проценты, то поперечные протоки перераспределяют расходы воды между рукавами в пределах 10–20%. Иногда одиночные разветвления бывают трехрукавными, причем центральный рукав, находящийся между островами, относительно прямой, а левый и правый, огибая их, образуют излучины (рис. 3б). Водность всех трех рукавов изменяется в разные фазы водного режима и в многолетнем плане — в зависимости от смещения побочной и деформаций русла на смежном расположенном выше участке реки, водности года и т. д. Если такое разветвление формируется за плечом ведущего берега, чаще коренного, незатопляемого, то в процессе развития оно приобретает веерную форму (рис. 3в), при которой рукава характеризуются все большей изогнутостью в направлении поперек реки. По мере развития излучины одного рукава и достижения им критических размеров ($l/L \sim 1.4-1.6$; здесь l — длина изогнутого рукава, L — шаг разветвления) происходит развитие более прямого рукава, в который перемещается большая часть расхода воды и формируется новый остров. Со временем наиболее удаленный рукав превращается либо в пойменное ответвление, либо отмирает, тогда, как благодаря вновь возникшему острову в прямом рукаве восстанавливается многорукавность при продолжающемся развитии излучин, образуемых каждым рукавом. Развивающаяся излучина наиболее удаленного рукава нередко становится со временем заваленной, вследствие чего в китайской русловой литературе такие разветвления получили название “голова утки”.

Еще одна форма усложнения одиночных, в том числе трехрукавных разветвлений — формирование в рукавах островов, вызывающих разветвления



Рис. 2. Типизация одиночных разветвлений

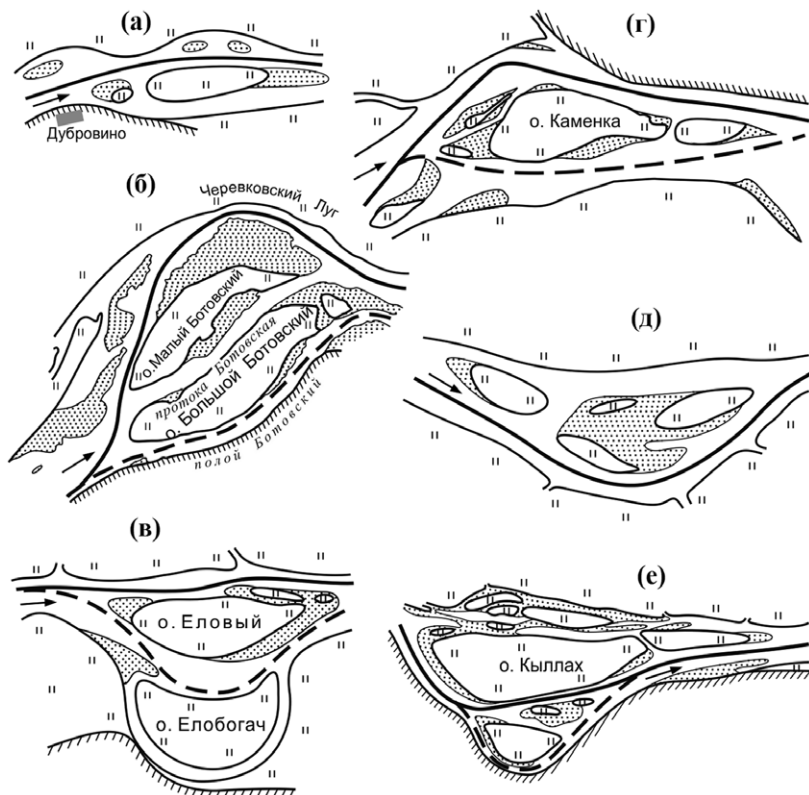


Рис. 3. Разновидности одиночных разветвлений на реках России: (а) — простое, образованное большим островом (р. Обь, Дубровинское); (б) — сложное трехрукавное (р. Северная Двина, Ботовское); (в) — веерное (р. Обь, Елобогатское); (г) — образованное несколькими островами, разделенными межостровными протоками (р. Печора, Каменское); (д) — с поперечной протокой между рукавами (р. Обь, Балинское); (е) — с разветвлением 2-го порядка (р. Лена, Кыллахское).

Усл. обозначения см. рис. 1

этих рукавов и образующих формы 2-го и даже 3-го порядков (рис. 3е). Причины этого различны: снижение транспортирующей способности потока в рукаве с большим стоком наносов, подпор потока в рукаве со стороны другого рукава, местные особенности морфометрии рукава и т. д.

Симметричность/асимметричность одиночных разветвлений — важные условия их перестроиваний. От угла между каждым рукавом и руслом перед узлом разветвления зависят колебания водности рукавов в разные фазы водного режима, в маловодные и многоводные годы меняется структура потока и роль рукавов в распределении стока руслообразующих наносов.

Образование острова в русле вызывает изгиб потока, размыв противоположных острову берегов, увеличение поперечных размеров острова и, как следствие, расширение русла. Если этого не происходит и ширина острова B_o остается меньше $0.4b_p$ (ширины русла), разветвление квалифицируется как имеющее 2-й или (в зависимости от B_o) 3-й порядок [13]. Но местные расширения русла могут иметь и иное происхождение, и тогда растекание по нему потока служит причиной формирования острова. Таким образом, соответствие разветвления местному расширению русла, вне зависимости от его генезиса, — важное условие развития одиночных разветвлений. Однако иногда встречаются очень узкие и очень длинные острова, вытянутые почти посередине русла

параллельно берегам реки, не вызывающие отклонения к ним потока, вследствие чего размыв их не происходит. Подобные острова, у которых $L_0/B_0 > 10$, описаны на Сухоне и Оби. Несмотря на то, что $B_0 \sim 0.1b_p$, из-за их большой длины и равнозначного распределения стока между рукавами, такие разветвления следует относить к основным (первого порядка) разветвлениям русла.

В морфодинамической классификации МГУ выделяются разветвлено-извилистые русла, в которых шпоры излучин образуют группы островов, формирующихся в зонах замедления течения на излучинах, причленяющихся к выпуклым берегам и вызывающим в итоге развитие самих излучин. Вместе с тем на больших реках острова возникают в привершинных частях сегментных, пологих и развитых излучин, формируясь близ выпуклого берега, от которого они отделяются достаточно многоводным рукавом, спрямляющим излучину; шаг такого одиночного разветвления равен шагу излучины и соответствует длине рукава, проходящего через шпору излучины. По этому рукаву может произойти спрямление излучины при достижении ею достаточно крутой сегментной формы и критического соотношения $l/L = 1.4 \div 1.6$. Если в привершинной части излучины образовалось местное расширение русла с выбоиной вогнутого берега, в последней также формируется остров. Причем оба рукава периодически могут быть основными, в зависимости от деформаций русла на смежном участке непосредственно выше по течению. Реже разветвления формируются в нижнем или в верхнем крыльях излучин, захватывая, соответственно, верхнее или нижнее крылья смежных излучин.

К категории одиночных разветвлений следует относить также разветвления, соответствующие прорванным излучинам. На реках с глубоко и длительно затопляемой поймой и с руслоформирующими расходами воды, соответствующими таким половодьям (паводкам), старое русло не отмирает, превращаясь в старичное озеро или курью (залив), продолжает функционировать, забирая до 25–40% расхода воды. Спрямляющий излучину рукав возникает либо путем размыва пониженной части поймы в основании шпору излучины, либо используя существующие пойменные протоки или ложбины. При этом изначально он получает иногда извилистые очертания в плане или образует излучины в процессе своего развития.

На широтном отрезке средней Оби (между устьями Ваха и Иртыша) находятся три сходных по морфологии и переформированиям сложные трехрукавные разветвления с меандрирующими рукавами (рис. 4). Здесь неоднократно происходили прорывы излучин; причем последнее спрямление относится к 1949–1950 годам. Причина таких разветвлений пока неясна. Возможно, они как-то связаны с тем, что в пределах всех трех разветвлений берут начало либо крупные пойменные протоки Кирьяс (доля расхода в ней 18%), которая, очевидно, в прошлом представляла собой левый рукав бывшего здесь пойменно-руслового разветвления, а также Покомас, являющаяся по существу верхним истоком Юганской Оби — левого рукава раздвоенного русла, либо Б. Салманская протока — левый рукав второго (считая сверху вниз по течению) участка средней Оби с раздвоенным руслом (доля расхода — 30%). Аналоги таких разветвлений на других реках пока не известны.

Сопряженные разветвления достаточно подробно освещены в литературе [1, 7, 10, 22], а раз-

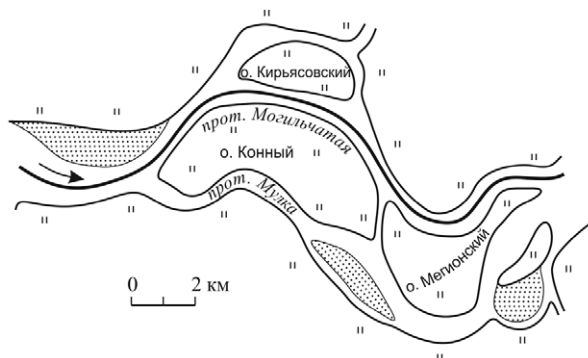


Рис. 4. Трехрукавное Сытоминское–Салманское разветвление р. Оби с меандрирующими рукавами, сформировавшееся при неоднократном их спрямлении и образовании прорванных излучин

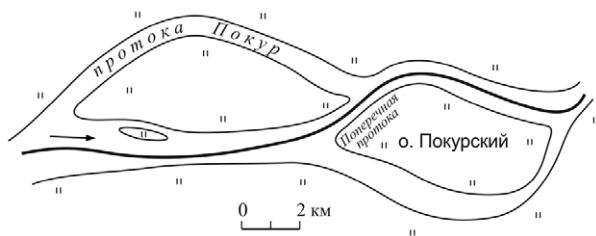


Рис. 5. Сдвинутое Покурское сопряженное разветвление на средней Оби

островами осуществляется на протяжении каждого звена перемещение значительной доли расхода воды из одного основного рукава в другой, вследствие чего меняется роль рукавов в рассредоточении стока. Отдельным звеньям сопряженных разветвлений присущи многие из тех морфологических осложнений, которые выше рассмотрены для одиночных разветвлений. Вместе с тем, они встречаются в рукавах пойменно-руслowych разветвлений.

Их специфическая особенность — сдвинутые сопряженные разветвления, в котором ухвостья верхнего острова спускаются ниже оголовка нижнего (рис. 5). Такие разветвления характерны для относительно устойчивых русел [10]. При их переформированиях и развитии в верхнем звене второго основного рукава их “сдвинутость” не позволяет произойти перераспределению расходов воды в следующем ниже по течению звене, вследствие чего они могут трансформироваться в односторонние.

Параллельно-рукавные разветвления представляют в широкопойменном слабоустойчивом или неустойчивом русле наиболее сложный по режиму деформации и морфологии тип разветвлений [8]. Таковы (вне зависимости от геоморфологического типа русла — широкопойменное или врезанное) значительные по протяженности участки верхней Оби (от слияния Бии и Катунь до устья р. Чарыша), средней и нижней Лены, Сев. Двины, Печоры, Мезени. Острова, их образующие, характеризуются, как правило малыми размерами, удлинённой формой (отношение $L_0/B_0 \sim 6.0$) [21] и зачастую многочисленными слабо закреплёнными растительностью отмелями между редкими островами. При повышении устойчивости русла или во врезанном даже слабоустойчивом русле размеры островов увеличиваются, а их количество уменьшается, повышается “выраженность” рукавов, т. к. разделяющие их отмели и элементарные острова замещаются большими островами и островными массивами. В XX в. на многих реках отмечена трансформация сопряженных разветвлений (Лена, Печора) и чередующихся односторонних (верхняя Обь) в параллельно-рукавные; в то же время даже при проведении крупных выправительных работ, при которых один из рукавов перекрывается глухой дамбой, в течении 20–25 лет происходит восстановление параллельно-рукавных разветвлений, но в той части реки, в которой сосредоточивается после выправления основной поток (верхняя Обь) [36].

Во врезанном с галечно-валунным составом наносов и, соответственно, устойчивым (средняя Лена) русле параллельно-рукавные разветвления образованы крупными островами и островными массивами удлинённых форм. Их длина L_0 достигает нескольких километров при ширине до 1–1.5 км (в Еловском разветвлении — 18 км). На Ангаре развитие параллельно-рукавных разветвлений происходило на фоне активного врезания в скальное ложе и в условиях ярко выраженного дефицита наносов, вследствие часто здесь сформировались большие (длиной до 12 км, ширина до 3.5 км), высокие (до 40–60 м над рекой) острова, имеющие коренной скальной цоколь [37].

Таким образом, среди параллельно-рукавных разветвлений выделяются образованные: 1) цепочками элементарных островов, зарастающих отмелей и реже отдель-

работанные (в соответствии с закономерностями их развития) и реализованные проекты выправления русла стали уже хрестоматийными примерами, получив название правила “восьмерки”. Среди этого типа разветвлений выделяется простое, соответствующее выделению с такой же характеристикой одиночных разветвлений, и сложные, в которых по многочисленным протокам между

ных больших островов; 2) большими островами и островными массивами удлиненной формы с поперечными протоками между ними, по которым осуществляется гидравлическая связь между рукавами; 3) высокими незатопленными большими островами с коренным скальным цоколем. Рукава во всех разновидностях параллельно-рукавных разветвлений осложняются часто разветвлениями второго порядка.

Пойменно-русловые разветвления встречаются двух видов, наиболее часто — на “перевале” реки от одного борта долины к другому (рис. 1, 3), что обеспечивает пересечение пойменного и руслового потоков во время половодья. На меандрирующих реках оба рукава образуют серии излучин (до 5–7, иногда больше), и только тот из них, который подходит к коренному берегу, имеет в нижней своей части прямолинейное неразветвленное русло. На других реках возможны различные комбинации: оба рукава — с разветвленным руслом либо один рукав — разветвленный, второй — меандрирующий.

В основном этот тип разветвлений — прерогатива крупнейших рек с очень широкой поймой. Например, он распространен на средней Оби (ниже устья р. Томи, в пределах Томской области), где при длине русла 951 км 8 участков с пойменно-русловыми разветвлениями занимает 19% [38], замещаясь ниже по течению раздвоенным руслом. В то же время он отсутствует на средней и нижней Лене, где ширина поймы $B_n \approx 3 \div 4 b_p$ (на Оби это соотношение достигает 10). В то же время пойменно-русловые разветвления с меандрирующими рукавами встречаются даже на средних реках с очень широкой поймой (Ока, Вычегда).

Вторая разновидность пойменно-русловых разветвлений связана с крупными островами или группами островов, разделенных межостровными протоками, по которым осуществляется гидравлическая связь между обоими основными рукавами. Их шаг превышает ширину неразветвленного русла в 8–9 раз, суммарную ширину островов — в 3–4 раза, что соответствует оптимальной (в отношении гидравлического сопротивления) форме. Находятся они вблизи одного из бортов долины и рукав, проходящий вдоль него, обычно относительно прямой, но осложненный разветвлениями 2-го порядка, второй рукав, огибая остров или “архипелаг” островов, имеет вид большой излучины сундучной (трапецевидной) формы — макроизлучины, размеры которой (шаг, радиус) намного превышают размеры излучин, свойственные данной реке; на крыльях или в привершинной части таких макроизлучин могут быть одиночные разветвления или пологие излучины, размеры которых соответствуют водности рукава. Примеры разветвлений, образованных или большими консолидированными островами (островными массивами), встречаются на Оби выше устья Томи (Умревинское, Битенёвское разветвления) и в среднем течении (Санинское разветвление), или “архипелагами” островов (на нижней Лене Белогорский “разбой”).

Пойменно-русловые разветвления иногда составляют звенья сопряженных разветвлений, но чаще являются одиночными образованиями, отличаясь от обычных (“нормальных” для данной реки) своими размерами, превышая их в несколько раз.

Односторонние разветвления, формирующиеся в русле с односторонней поймой, связаны обычно с развитием островов, вытянутых цепочкой вдоль пойменного берега. Это могут быть большие острова и островные массивы, отделяющие от основного русла второстепенные рукава, но с достаточно высокой водностью до 20–30% расхода воды в реке (верхняя Обь ниже устья р. Чарыша). Переформирования русла иногда приводят к временному (на несколько лет) перемещению в такой рукав за одним-двумя островами большей доли расхода воды и его также временному развитию. Обычно это происходит вследствие образования в основном русле крупного побочня, который перекрывает основное русло и направляет поток во второстепенный рукав. При последующем отторжении побочня от коренного берега восстанавливается присущее односторонним разветвлениям распределение расхода воды по рукавам.

Вторая разновидность односторонних разветвлений характеризуется маловодностью второстепенных протоков (в пределах 5–10% в половодье/паводки; в межень —

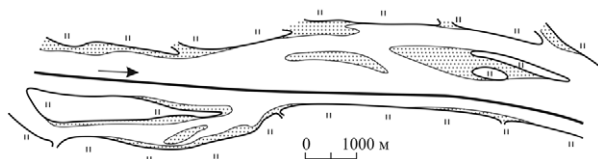


Рис. 6. Чередующиеся односторонние разветвления с удлинненными островами в относительно прямолинейном русле (Назымское—Петуховское) на средней Оби

порядке то у одного, то у другого берега, образуя сегментные излучины. Морфология таких разветвлений и степень рассредоточенности воды по рукавам и протокам определяются размерами и количеством островов, их образующих. Это может быть один или несколько больших островов, рукава за которыми достаточно многоводны (до 30% общего расхода воды в реке). Таковы, например, разветвления средней Лены ниже г. Якутска, для которых характерно продольное смещение: острова размываются с верховой стороны (оголовки), наращиваются с низовой (в ухвостьях). На р. Лене этот процесс происходит со скоростью до 40 м/год.

Своеобразной разновидностью чередующихся односторонних разветвлений являются разветвления в прямолинейном русле с выдержанной по длине шириной, образованных удлинненными узкими островами, у которых $L_0/B_0 \sim 7-10$ (рис. 6).

На реках с неустойчивым руслом этот тип разветвлений связан с образованием элементарных и больших островов, разделенных многочисленными по маловодности протоками, лишь суммарная водность которых достигает 20–30%. Характерно, что на верхней Оби эти разветвления со временем трансформируются в параллельно-рукавные.

Пойменные ответвления, создающие пойменную многорукавность, обычно имеют меандрирующие или относительно прямолинейные, неразветвленные русла. В межень многие из них пересыхают, но некоторые из них в многоводную фазу режима забирают из основного русла до 15–20% расхода воды, функционируют и в межень, хотя их водность понижается до первых процентов.

Кроме того, практически на всех реках, разветвленных на рукава, выделяются различные прибрежные разветвления. Они существуют между звеньями сопряженных разветвлений, у одного или обоих берегов, вызывая общее сужение основного русла, в выбоинах ведущих берегов, создающих местные расширения русла, ниже выступающих в русло мысов коренных берегов, при слиянии с пойменными протоками и т. д.

Разветвления в узлах слияния рек могут быть пойменно-русловыми (Обь и Томь, Амур и Уссури и др.). В них по короткому рукаву, проходящему вдоль раздельной стрелки, сток воды осуществляется то в одну, то в другую сторону в зависимости от времени прохождения на главной реке притока пика половодья/паводка. В других случаях формируются “дельтовые” разветвления с островами, смещенными ниже раздельной стрелки (“дельта”, выдвинутая в объединенную реку), либо с островами, заполняющими раструбообразное расширение русла перед устьем одной из рек (“дельта выполнения”). При слиянии Лены с Алданом, Бии с Катунью имеет место комбинация обеих разновидностей таких “дельтовых” разветвлений.

В морфодинамической классификации МГУ выделяются еще *разбросанные разветвления*. Это — сборное название многорукавных разветвлений, с большим количеством островов, отличающихся сложным режимом деформации и в отношении своей гидроморфологии практически неизученных. В свое время русловые исследования и получение по ним новых данных по морфологии и динамике таких русел позволили последовательно выделить из них параллельно-рукавные и чередующиеся односторонние разветвления. Таким образом, можно ожидать, что по мере дальнейшего их изучения будет возможность дать более точные гидроморфодинамические определения, возможно, не одной разновидности таких русел.

вплоть до пересыхания) вдоль поймы, отделенных от основного русла цепочками небольших по размерам, как правило, удлиненной формы островов.

В чередующихся односторонних разветвлениях основной многоводный рукав последовательно огибает отдельные острова или группы островов, расположенные в шахматном

Заключение

Морфологическое разнообразие разветвленных русел обуславливает столь же большое разнообразие их многолетних, а для рек со слабоустойчивым и неустойчивым руслом и сезонных перестроений, что находится в полном соответствии с названием самой их классификации — морфодинамическая. Вместе с тем существуют определенные общие черты этих перестроений. Например, периодическое развитие рукавов одиночных разветвлений и в верхнем звене — сопряженных происходит вследствие надвижения на них сдвигающихся побочней; или изгиб русла одного из рукавов превышает критическое значение степени развитости излучины l/L . Также играет роль неодинаковое направляющее воздействие выбоин и мысов ведущих берегов в разные фазы водного режима, многоводные и маловодные годы. Перераспределение стока между рукавами пойменно-русловых разветвлений также происходит под влиянием этих же факторов. Немаловажно определенное сходство в развитии сложных одиночных и сложных сопряженных разветвлений. Наиболее индивидуальны перестроения параллельно-рукавных разветвлений, особенно сложных на реках с неустойчивым руслом.

Морфологическое разнообразие, и в то же время определенное сходство в схемах их развития, создает многочисленность приемов управления русловыми процессами на реках, разветвленных на рукава или их сочетаний, регулирования русел при любых видах использования водных ресурсов, транспортной эксплуатации реки и осуществления мер по предотвращению опасных и неблагоприятных последствий русловых деформаций.

Благодарности. Выполнено по планам НИР кафедры гидрологии суши и научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н. И. Маккавеева МГУ имени М. В. Ломоносова (исходные материалы) и проекту РФФИ № 18-17-00086 (классификация разветвленных русел).

Acknowledgements. The study was performed in line with research plans of the Department of Land Hydrology and the Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes and project Russian Foundation for Basic Research No. 18-17-00086.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
2. Русловые процессы и водные пути на реках бассейна Северной Двины. М.: ООО “Журнал” РТ”, 2012. 492 с.
3. Русловые процессы и водные пути на реках Обского бассейна. Новосибирск: РИПЭЛ плюс, 2001. 300 с.
4. Чалов Р. С., Львовская Е. А., Рулева С. Н. Гидролого-морфологический анализ разветвленного русла р. Печоры // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 1. С. 78-85.
5. Водные пути бассейна Лены. М.: МИКИС, 1995. 600 с.
6. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
7. Проектирование судовых ходов на свободных реках / Под ред. Н. И. Маккавеева // Тр. ЦНИИЭВТ. Вып. 36. М.: Транспорт, 1964. 262 с.
8. Россинский К. И., Кузьмин И. А. Закономерности формирования речных русел // Русловые процессы. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 5-14.
9. Чернышов Ф. М. Повышение эффективности путевых работ на многорукавных участках судоходных рек. Новосибирск: Изд-во НИИВТ, 1973. 324 с.
10. Чалов Р. С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 292 с.
11. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
12. Ржаницын Н. А. Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 264 с.
13. Чалов Р. С., Алабян А. М., Иванов В. В., Лодина Р. В., Панин А. В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с.

14. Кондратьев Н. Е., Попов И. П., Сущенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
15. Алексеевский Н. И., Чалов С. Р. Гидрологические функции разветвленного русла. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2009. 240 с.
16. Schumm S. A. The fluvial system. New York: Wiley, 1977. 338 p.
17. Rosgen D. L. A classification of fluvial rivers // Catena. 1994. No. 22. P. 169-199.
18. Knighton D. Fluvial forms and processes. London: Arnold, 1998. 383 p.
19. Шэн Юйчан, Гун Гоюань. Речная геоморфология. Пекин: Наука, 1986 (на китайском языке).
20. Чалов Р. С. Сложноразветвленные русла равнинных рек: условия формирования, морфология и динамика // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 2. С. 166-171.
21. Львовская Е. А. Ретроспективный анализ, современное состояние и оценка возможных изменений русловых процессов на больших реках севера ЕТР. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2016. 30 с.
22. Чалов Р. С. Русловые процессы (русловедение). М.: ИНФРА-М, 2017. 569 с.
23. Чалов Р. С. Морфологические типы русел равнинных рек, разветвленных на рукава // Водные ресурсы. Т. 25. № 2. С. 179-185.
24. Чалов Р. С., Лю Шугуан. Пойменные проточно-озёрные разветвления на Оби и Янцзы // Двадцать первое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Чебоксары, 10-13 окт. 2006 г.): докл. и краткие сообщения / отв. ред. Р. С. Чалов. Чебоксары. 2006. С. 213-214.
25. Чалов Р. С., Власов Б. Н., Лю Шугуан, Чжао Еань, Юй Вэньчжоу. Специфические формы разветвленного русла р. Янцзы и их эволюция // География и природные ресурсы. 2006. № 2. С. 151-157.
26. Самохин М. А., Чалов Р. С. Многолетний режим и принципы регулирования пойменных проточно-озерных разветвлений (на примере рек Янцзы и Терека) // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 17-25.
27. Чалов Р. С. Факторы русловых процессов и иерархия русловых форм // Геоморфология. 1983. № 2. С. 16-26.
28. Атлас русловой морфодинамики нижней Волги (Волгоград — Астрахань). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 232 с.
29. Завадский А. С., Зима Ю. В. Естественные и антропогенные изменения русла реки Аргунь (в свете ее пограничного положения) // Водное хозяйство России. 2011. № 4. С. 4-16.
30. Русловые процессы на реках СССР. Масштаб 1:4000000. Для Высшей школы. М.: ГУГК СССР. 1990. 4 л.
31. Русловые процессы на реках. Морфология и динамика русел рек Оби и Иртыша // Атлас Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Т. II. Природа и экология. Ханты-Мансийск: Изд-во ХМАО, 2005. С. 74-75.
32. Baker V. R. Stream-channel response to floods, with examples from Central Texas // Geol. Soc. Am. Bull. 1977. Vol. 88. No. 8. P. 1057-1071.
33. Komar P. D. Shaper of streamlined sand on the Earth and Marth: Experiments and analyses the minimum — drag form // Geology. 1983. No. 11. P. 651-654.
34. Тарбеева А. М. Формирование и эволюция островов в русле Оби // Эрозионные, русловые процессы и проблемы гидроэкологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. С. 202-208.
35. Чалов Р. С., Завадский А. С., Рулева С. Н. Параллельно-рукавные разветвления речных русел: условия формирования, морфология и динамика // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 2. С. 166-174.
36. Чалов Р. С. Временная трансформация морфодинамических типов русел больших равнинных рек // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 3. С. 3-13.
37. Чалов Р. С., Чалов С. Р. Морфология скального русла реки Ангара на участках Богучанского и Мотыгинского водохранилищ // География и природные ресурсы. 2009. № 1. С. 103-110.
38. Чалов Р. С., Завадский А. С., Камышев А. А., Михайлова Н. М., Рулева С. Н. Морфодинамические типы русла и развитие излучин реки Оби (в пределах Томской области) // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 81-91.

REFERENCES

1. Chalov R. S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 2. Morfodinamika rechnyh rusel* (Riverbed science: theory, geography, practice. Vol. 2. Morphodynamics of river channels). М.: KRASAND, 2011. 960 s. (in Russ.)

2. *Ruslovye processy i vodnye puti na rekah bassejna Severnoj Dviny* (Channel processes and navigable waterway of the Severnaya Dvina River basin). M.: OOO "Zhurnal "RT", 2012. 492 s. (in Russ.)
3. *Ruslovye processy i vodnye puti na rekah Obskogo bassejna* (Channel processes and navigable waterway of the Ob' River basin). Novosibirsk: RIPEL plus, 2001. 300 s. (in Russ.)
4. Chalov R. S., L'vovskaj E. A., and Ruleva S. N. *Gidrologo-morfologicheskij analiz razvetvlennoogo rusla r. Pechory* (Hydrologic-morphological analysis of the braided channel of the Pechora River). *Vest. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2015. No. 1. S. 78-85. (in Russ.)
5. *Wodnye puti bassejna Leny* (Navigable waterway of the Lena River basin). M.: MIKIS, 1995. 600 s. (in Russ.)
6. Makkaveev N. I. *Ruslo reki b erossija v ee bassejne* (River channel and erosion in its basin). M.: Izd-vo AN SSSR, 1955. 347 s. (in Russ.)
7. *Proektirovanie sudovyh hodov na svobodnyh rekah* (Designing ship operations on free rivers). *Tr. ZNIIEWT*. Vyp. 36. 1964. 262 s. (in Russ.)
8. Rossinski K. I. and Kuz'min I. A. *Zakonomernosti formirovaniya rechnykh rusel* (Relations of river channels formation). *Ruslovye processy*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958. S. 5-14. (in Russ.)
9. Cheryschov F. M. *Povyshenie effektivnosti putevykh rabot na mnogorukavnykh uchastkah sulohodnykh rek* (Increasing of the track works efficiency on multi-braided reaches of navigable rivers). Novosibirsk: NIIWT, 1973. 324 s. (in Russ.)
10. Chalov R. S. *Geograficheskie issledovaniya ruslovnykh processov* (Geographical research of channel processes). M.: Izd-vo MGU, 1979. 292 s. (in Russ.)
11. Chalov R. S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 1. Ruslovye processy: factory, mehanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnykh rusel* (Riverbed science: theory, geography, practice. Vol. 1. Channel processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and forming conditions). M.: Izd-vo LKI, 2008. 608 s. (in Russ.)
12. Pzhanicyn N. A. *Rusloformiruyushchie prozessy rek* (River channels formation processes). L.: Gidrometeoizdat, 1985. 264 s. (in Russ.)
13. Chalov R. S., Alabjan A. M., Ivanov V. V., Lodina R. V., and Panin A. V. *Morfodinamika rusel ravninnykh rek* (Morphodynamics of plain river channels). M.: GEOS, 1998. 288 s. (in Russ.)
14. Kondrat'ev N. E., Popov I. V., and Snishchenko B. F. *Osnovy gidromorfologicheskoi teorii ruslovnykh processov* (Basics of hydromorphological theory of channel processes). L.: Gidrometeoizdat, 1982. 272 s. (in Russ.)
15. Alekseevskij N. I. and Chalov R. S. *Gidrologicheskie funktsii razvetvlennoogo rusla* (Hydrological impacts of braided channels). M.: Geogr. f-t MGU, 2009. 240 s. (in Russ.)
16. *Schumm S. A.* The fluvial system. New York: Wiley, 1977. 338 p.
17. Rosgen D. L. A classification of fluvial rivers. *Catena*. 1994. No. 22. P. 169-199.
18. *Knighon D.* Fluvial forms and processes. London: Arnold, 1998. 383 p.
19. Shen Yichan and Gyn Go Yuan. *Rechnaya geomorfologia* (Fluvial geomorphology). Pekin: Nauka, 1986. (in Chinese)
20. Chalov R. S. *Slozhnorazvetvlennoye ruslo ravninnykh rek: usloviya formirovaniya, morfologiya i dinamika* (Complicated braided channels of plain rivers: formation conditions, morphology and channels development). *Wodnye resursy*. 2001. T. 28. No. 2. S. 166-171. (in Russ.)
21. L'vovskaja E. A. *Retrospektivnyi analiz, sovremennoe sostoyanie i ocenka vozmozhnykh izmenenii ruslovnykh processov na bolschikh rekah severa ETR* (Retrospective analysis, current state and assessment of possible changes of channel processes on large rivers of the North of the European Territory of Russia). Abstract of PhD thesis. M.: MGU, 2016. 30 s. (in Russ.)
22. Chalov R. S. *Ruslovye processy (ruslovedenie)* (Channel processes (Riverbed Science)). M.: INFRA-M, 2017. 569 s. (in Russ.)
23. Chalov R. S. *Morfologicheskie tipy rusel ravninnykh rek, razvetvlennykh na rukava* (Morphological types of braided channels of plain rivers). *Wodnye resursy*. 2001. Vol. 25. No. 2. S. 179-185. (in Russ.)
24. Chalov R. S. and Liu Shuguan. *Pojimennyye protochno-ozernyye razvetvleniya na Obi i Janczy* (Floodplain lake-channel systems of the Ob' and Yangtze Rivers). Dvadcat pervoe plenarnoe mezvuz. koordinac. sovezhch. Po probleme erozionnykh, ruslovnykh i ust'evnykh processov, Cheboksary. 2006. S. 213-214. (in Russ.)
25. Chalov R. S., Vlasov B. N., Liu Shuguan, Chzhao Ean, and Yuy Ven'chou. *Specificheskie formy razvetvlennoogo rusla r. Janczy i ih evolyuciya* (Specific channel patterns of the braided reach of the Yangtze River and their evolution). *Geografiya i prirodnye resursy*. 2006. No. 2. S. 151-157. (in Russ.)
26. Samjhin M. A. and Chalov R. S. *Mnogoletnii rezhim i principy regulirovaniya pojimennykh protochno-ozernykh razvetvlenii (na primere rek Janczy i Tereka)* (Long-term regime and regulation methods of floodplain lake-channel systems (the case of Yangtze and Terek rivers). *Geografiya i prirodnye resursy*. 2008. No. 3. S. 17-25. (in Russ.)

27. Chalov R.S. *Factory ruslovyh processov i ierarhija ruslovyh form* (Channel processes factors and channel forms ranking). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1983. No. 2. S. 16-26. (in Russ.)
28. *Atlas ruslovoi morfodinamiki nizhnej Volgi (Volograd — Astrahan')* (Atlas of the channel morphology and development of the Lower Volga river (Vologograd-Astrakhan). M.: Izd-vo MGU, 2009. 232 s. (in Russ.)
29. Zavadskiy A.S. and Zima J.V. *Estestvennye i antropogennye izmenenia rusla reki Arguni (v svete ee pogranichnogo polozhenia)* (Natural and anthropogenic changes of the Argun' River channel (considering its borderline location). *Wodnoe hozjaistvo Rossii*. 2011. No. 4. S. 4-16. (in Russ.)
30. *Ruslovye processy na rekah SSSR* (Channel processes of the USSR rivers). Mashtab 1:4000000. Dlja bysschtj shkoly. M.: GUGK SSSR, 1990. 4 l. (in Russ.)
31. *Ruslovye processy na rekah. Morfologiya i dinamika rusel rek Obi i Irtysha* (River channel processes. Morphology and channel development of the Ob' and Irtysh Rivers). Atlas Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga — Jugry. T. II. Priroda i ekologija. Hanty-Mansiisk: Izd-vo HMAO, 2005. S. 74-75. (in Russ.)
32. Baker V.R. Stream-channel response to floods, with examples form Central Texas. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1977. Vol. 88. No. 8. P. 1057-1071.
33. Komar P.D. Shaper of streamlined island on the Earth and Marth: Experiments and analyses the minimum — drag form. *Geology*. 1983. No. 11. P. 651-654.
34. Tarbeeva A.M. *Formirovanie i evoljuzija ostrovov v rusle Obi* (Formation and evolution of the islands in the Ob' River channel). *Erozionnye i ruslovye processy i problemy gidroekologii*. M.: Izd-vo MGU, 2009. S. 202-208. (in Russ.)
35. Chalov R.S., Zavadsrij A.S., and Ruleva S.N. *Parallel'no-rukavnye razvetvlennija rechnyh rusel: uslovija formirovanija, morfologiya i dinamika* (Parallel-branches braided reaches: formation conditions, morphology and development). *Wodnye resursy*. 2008. T. 35. No. 2. S. 166-174. (in Russ.)
36. Chalov R.S. *Vremennaja transformacija morfodinamicheskikh tipov rusel bolschih ravninnyh rek* (Temporal transformation of channel pattern types of big plain river channels). *Vest. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2018. No. 3. S. 3-13. (in Russ.)
37. Chalov R.S. and Chalov S.R. *Morfologiya skalnogo rusla reki Angary na uchastkah Boguchanskogo i Moteginskogo vodohranilishch* (Bedrock channel morphology of the Angara River on the reach of Boguchanskoe and Mytychinskoe water reservoirs). *Geografiya i prirodnye resursy*. 2009. No. 1. S. 103-110. (in Russ.)
38. Chalov R.S., Zavadskiy A.S., Kamyshev A.A., Mihailova N.M., and Ruleva S.N. *Morfodinamicheskie tipy rusla i razvitie izluchin reki Obi (v predelah Tomskoi oblasti)* (Morphodynamic channel patterns and meanders development of the Ob' River (within the Tomsk region). *Geografiya i prirodnye resursy*. 2018. No. 1. S. 81-91. (in Russ.)