

ТИПЫ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРИНЦИПЫ МОРФОДИНАМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЧНЫХ РУСЕЛ¹

Вопросы классификации речных русел периодически поднимаются в отечественной и зарубежной научной литературе. Это связано как с развитием теории русловых процессов и, соответственно, с разработкой гидромеханических основ формирования русел, так и с расширением географии русловых исследований, получением новой информации о формах проявления русловых процессов. Последнее сказывается в том, что региональные исследования русловых процессов приводят к выявлению новых разновидностей речных русел, характеризующихся своеобразной морфологией и динамикой, уточнению ранее предложенных типизаций форм русел и, наконец, разработке новых классификационных схем.

В основе типизации русловых процессов лежит закон ограниченности морфологических комплексов. Формулируя его, М.А. Великанов [1, с. 58] писал: "Взаимоуправление потока и русла приводит в результате всех деформаций к определенным, наиболее вероятным комбинациям между морфометрическими характеристиками русла и гидравлическими характеристиками потока". Далее он же указывал, что "в природе из бесчисленного количества возможных русловых образований осуществляется лишь ограниченное число относительно устойчивых форм таковых, что создает возможность геоморфологической классификации естественных русловых комплексов" [2, с. 13]. По Н.И. Маккавееву [3], ограниченность морфологических комплексов и относительная устойчивость возникающих в процессе взаимодействия русловых форм обуславливаются тем, что последние, будучи производной от воздействия потока на подстилающую его поверхность, возбуждают в самом потоке явления и процессы, способствующие их возобновлению, т.е. предопределяют формирование той или иной кинематической структуры потока. Так, в излучине русла и в узле разветвления возникают циркуляционные течения и такое скоростное поле потока, которые способствуют сохранению или росту кривизны излучины, развитию острова посередине русла; то же касается относительно прямолинейных, неразветвленных русел [4]. В природе, однако, приходится иметь дело с вариациями форм русла, соответствующими различным стадиям их развития. Поэтому классификация русел должна опираться не только на их внешний облик, но и на всю совокупность возможных изменений форм русел в процессе эволюции – от зарождения до отмирания, т.е. должна увязывать их морфологические и динамические характеристики. Отсюда морфологическая (по внешним признакам) классификация русел должна быть одновременно динамической, а любая ячейка в классификационной схеме, будучи названной морфологически, соответствовать определенной схеме русловых деформаций; наоборот, если такую ячейку называть динамическим термином, то под этим должен подразумеваться вполне определенный морфологический тип русла. Например, извилистое русло и меандрирование, разветвленное русло и разветвление русла на рукава. Такая классификация является морфодинамической, а составляющие ее элементы – морфодинамическими типами русел.

Однако в зависимости от уклонов и скорости потока, его кинетичности (спокойный или бурный), крупности наносов и их количества возникают различные формы транспорта наносов (грядовые или безгрядовая) и механизмы взаимодействия потока и русла. Это обуславливает выделение типов русловых процессов [5], соответствующих

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РАН (проект № 95-05-14006).

равнинным, полугорным и горным рекам. Благодаря им на равнинных, полугорных и горных реках возникают либо присущие только им морфодинамические типы русел (например, порожисто-водопадные и селевые русла горных рек и т.д.), либо последние получают специфическое развитие. Поэтому часто к названию типа русла добавляется дополнительная характеристика; обычно это делается для русел горных рек: например, горная пойменная многорукавность [6], горная русловая многорукавность [7] и т.д.

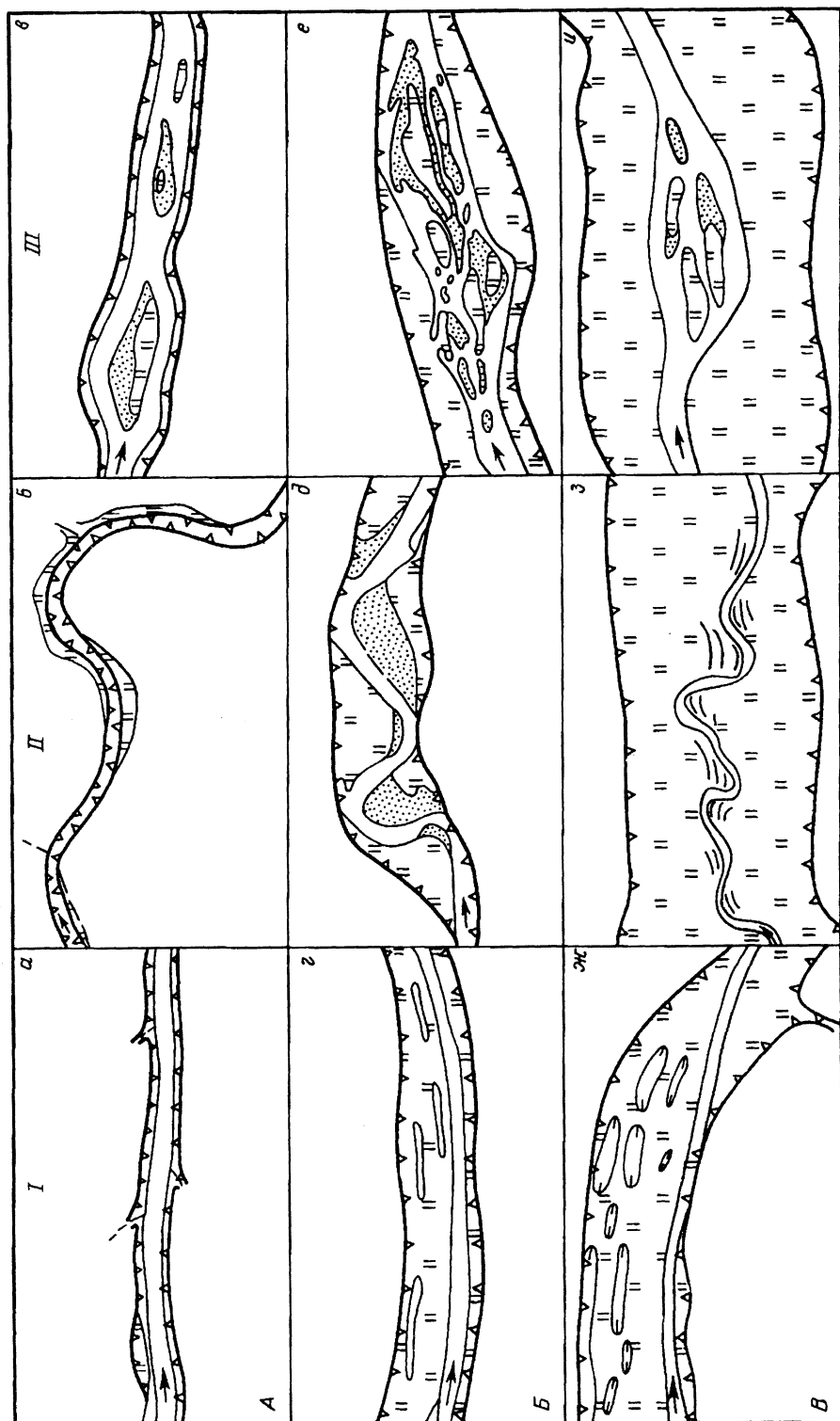
При таком подходе к типизации русловых процессов меандрирование, разветвление и формирование относительно прямолинейных, неразветвленных русел представляют собой не типы русловых процессов, а русловые деформации как форму проявления русловых процессов, которым соответствуют морфодинамические типы русел. Действительно, согласно определениям русловых процессов М.А. Великанова [8], Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова [4], типизация русловых процессов должна основываться на различиях в механизмах взаимодействия потока и русла, эрозии дна и берегов (ложе) реки, транспорта наносов и их аккумуляции. Эти различия определяют общий фон, на котором происходят русловые деформации и формируется русло того или иного типа. Обоснование критериев выделения горных, полугорных и равнинных рек как отражения типов русловых процессов выполнено в специальных работах [4, 9, 10].

Выделение равнинных, полугорных и горных рек, соответствующих типам русловых процессов, нельзя смешивать с определениями рек по их орографическому положению, т.е. с понятиями "реки в горах", "реки в предгорьях" и "реки на равнинах". Как каждый термин несет определенную условность в своем определении, так и каждая классификация в известной мере условна. Н.И. Маккавеев писал: «Почти нельзя найти ни одной значительной равнинной реки, которая не имела бы на протяжении своего течения "горных" участков ... многие реки, равнинные в верховьях, имеют в среднем или нижнем течении участки, где поток становится бурным» [9, с. 79–80]. Даже такая крайняя форма развития русловых процессов на горных реках, как сели, может развиваться при определенных условиях (большая глубина эрозионного расчленения) в пределах равнин. Например, они возникают в руслах водотоков, расчленяющих склоны долины среднего Днестра, врезанного на 100–200 м в Вольно-Подольскую возвышенность. С другой стороны, большие реки с малыми уклонами, являясь по форме транспорта наносов равнинными, могут располагаться среди гор. Таковы, например, реки Среднесибирского плоскогорья и Восточной Сибири – верхняя Лена, Алдан, Витим, Енисей и его притоки, нижняя Яна и др.

Особенности развития русла того или иного морфодинамического типа неодинаковы в разных геолого-геоморфологических условиях [10]. В связи с этим выделяются (рис. 1): А – врезанные (беспойменные) русла, соответствующие ограниченному развитию русловых деформаций; среди последних можно говорить о двух разновидностях, связанных с различной литологией трудноразмываемых горных пород: в скальных породах и в пластичных породах; Б – адаптированные русла – промежуточный тип между врезанными и широкопойменными руслами, развивающийся в узких долинах; В – широкопойменные русла, соответствующие свободному развитию русловых деформаций.

Таким образом, морфодинамическая классификация речных русел может быть представлена в виде системы блоков (рис. 2), каждый из которых соответствует уровню развития русловых процессов и форм их проявления; русловые процессы предыдущего блока образуют фон, на котором происходят процессы руслоформирования каждого следующего блока.

Блок I составляют типы русловых процессов, соответствующих выделению горных, полугорных и равнинных рек. При этом достаточно детально разработана типизация русловых процессов для горных рек [4, 5, 10–13], на которых выделяются русла с развитыми аллювиальными (грядовые), неразвитыми аллювиальными (безгрядовые) формами, аллювиальные порожисто-водопадные, а также скальные (порожисто-водо-



падные и лотковые) и селевые. Для равнинных рек этот вопрос до сих пор практически не ставился, если не считать идентификации русловых процессов с русловыми деформациями и, соответственно, отношения к ним разновидностей последних, как это принято в работах ГГИ [14, 15]. В порядке первого приближения (и для обсуждения) можно предложить следующую схему типизации русловых процессов на равнинных реках: русловые процессы на малых реках (возможно, с выделением водотоков I порядка – ручьев), русловые процессы на средних и больших реках (с выделением песчаных, галечно-валунных и, по-видимому, скальных), русловые процессы на устьевых барах. Для первых характерна параболическая форма живого сечения с небольшой величиной отношения ширины русла к его глубине b_p/h и быстрым изменением его от первых до десятков единиц вплоть до рек X–XI порядков в гумидных областях [16]. На средних и больших реках это отношение становится практически постоянным, составляя величину около 100 единиц и более; русло при этом на прямолинейных плесовых участках распластано и имеет вид трапеции с очень малыми размерами сторон. Такие различия в форме живого сечения и отношении b_p/h определяют неодинаковые условия движения водных масс, кинематическую структуру потока и, соответственно, его взаимодействие с дном и берегами рек.

На устьевых барах специфика русловых процессов определяется растеканием водного потока и непосредственным воздействием на него морских факторов [17].

Блок II классификации включает "геоморфологические" типы русел – широкопойменные, адаптированные и врезанные, выделение которых основывается на геолого-геоморфологических факторах русловых процессов; каждому из них соответствует определенное соотношение между шириной русла b_p и шириной поймы B_n . Н.И. Маккавеев [9] такое соотношение принимал в качестве косвенного показателя преобладания глубинной эрозии (врезания) реки ($B_n \leq b_p$) или преимущественного развития боковой эрозии (горизонтальных русловых деформаций) ($B_n > 2-3b_p$). Действительно, врезание реки осуществляется в том случае, если сток наносов меньше транспортирующей способности потока, т.е. на реке имеет место дефицит наносов. Благодаря последнему энергия потока затрачивается на размыв дна; с другой стороны, дефицит наносов не способствует развитию грядовых форм руслового рельефа и, следовательно, уменьшает возможности проявления горизонтальных деформаций, т.е. расширения дна долины. В результате, чем больше дефицит наносов, тем интенсивнее врезание, тем уже дно долины и вероятнее образование беспойменного врезанного русла. Особенно отчетливо эта закономерность проявляется в условиях ограниченного развития русловых деформаций.

При отсутствии дефицита наносов (сток наносов соответствует транспортирующей способности потока) или его избытке (в этом случае происходит направленная аккумуляция наносов) в русле образуются разнообразные грядовые формы рельефа (побочни, осередки, косы), которые способствуют его блужданию и формированию широкопойменного русла. Наиболее наглядно это проявляется в условиях свободного развития русловых деформаций, когда поток легко размывает берега, сложенные рыхлыми породами.

Адаптированные русла (дефицит наносов невелик, их количество еще недостаточно для образования мощных скоплений аллювия, $b_p < B_n < 2-3b_p$) обычно встречаются в пограничных геоморфологических областях (Вилуей между Среднесибирским плоско-

Рис. 1. Морфодинамические типы русел в разных геолого-геоморфологических условиях развития русловых деформаций

А – врезанные; Б – адаптированные; В – широкопойменные; I – относительно прямолинейное, неразветвленное; II – извилистое (меандрирующее); III – разветвленное на рукава. Примеры русел: а – р. Юг у с. Васильево; б – р. Поной у впадения р. Лопеньярки; в – р. Сухона у г. Тотьмы; г – р. Дон у с. Куляшовки; д – р. Гауя у г. Цесиса; е – р. Северная Двина выше впадения р. Ваги; ж – р. Ока у г. Щурово; з – р. Жиздра у с. Павлово; и – р. Печора у с. Великановысочного, 1 – борта долины; 2 – пойма; 3 – крупные отмели, обсыхающие в межень; 4 – озера на пойме; 5 – гривистый рельеф на пойме

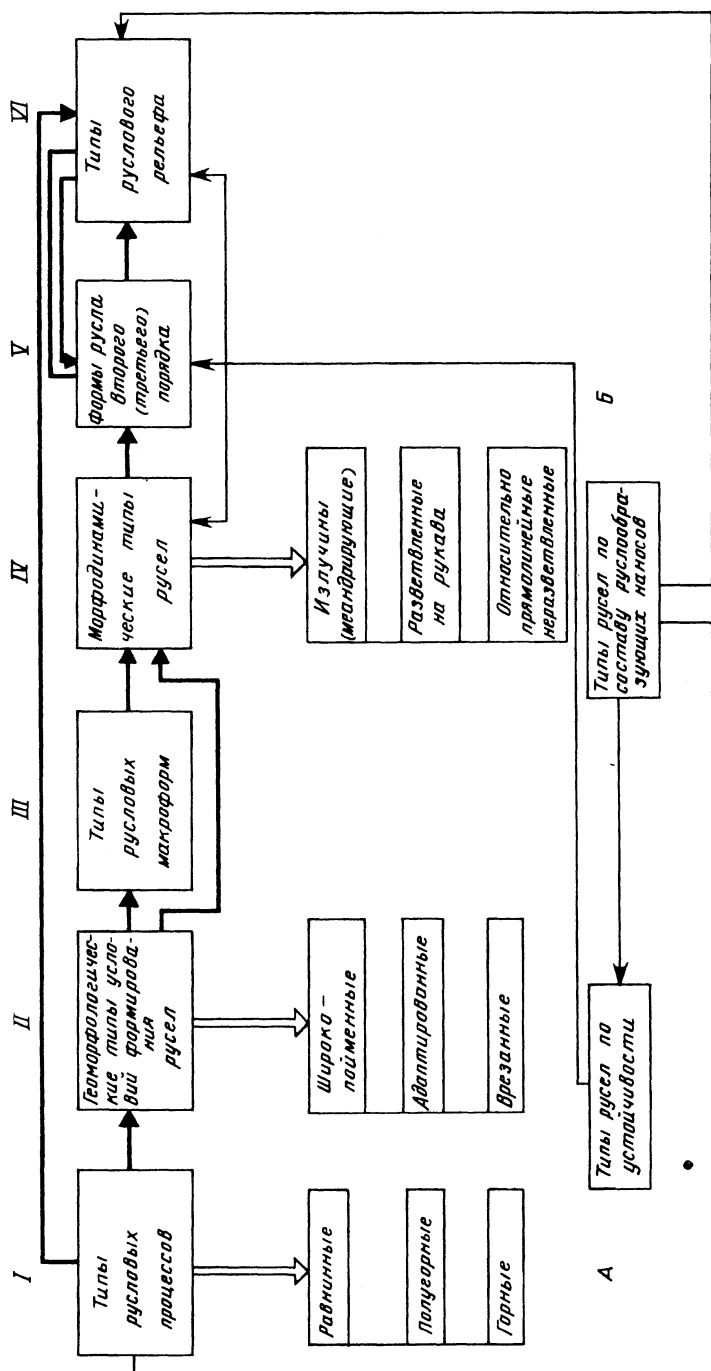


Рис. 2. Структура морфодинамической классификации речных русел: I, II, ... – основные блоки; А, Б – дополнительные блоки

горьем и Центральноякутской низменностью, Днестр ниже Дубоссар, где река пересекает склоны Волыно-Подольской возвышенности, вступая в пределы Причерноморской низменности), либо в долинах, наследующих линейно вытянутые морфоструктуры, где узкое их дно заключено между крутосклонными, сложенными скальными породами бортами, ограничивающими возможный размах горизонтальных деформаций. Величина стока наносов и степень развитости грядовых форм рельефа при этом определяющей роли не играют, обуславливая только интенсивность русловых деформаций.

Другим критерием выделения геоморфологических типов русла является соотношение между шириной дна долины B_d (пойма + русло) и пояса блуждания русла (меандрирования, разветвления) $B_{м(р)}$. Если $B_d = B_{м(р)}$, то при условии $l \approx 1,6L$ русло является адаптированным (здесь l – длина русла, L – шаг излучины или узла разветвления); при $B_d > B_{м(р)}$ – широкопойменным, $B_d < B_{м(р)}$ – врезанным.

Блок III классификации включает макроформы русла, которые прямо не связаны с горизонтальными русловыми деформациями, превышают предельные размеры русловых форм при современной водности реки, величине стока, крупности наносов и ширине русла, но в то же время оказывают влияние на их развитие. Этот блок наименее разработан и поэтому на схеме (рис. 2) не расшифровывается. А.В. Панин [18] для типизации макроизлучин предложил подход, аналогичный выделению геоморфологических типов, подразделяя макроизлучины на свободные, адаптированные (с одним коренным берегом) и врезанные. При этом все макроизлучины могут быть: 1) унаследованными от свободно меандрирующего русла; 2) наследующими регулярные (нормальные) врезанные излучины, соответствующие параметрам потока, но в своем заложении и размерах испытывающие влияние геолого-геоморфологических факторов; 3) предопределенные геологическими и структурно-тектоническими условиями. Последние в свою очередь подразделяются на формирующиеся под влиянием активной тектоники (например, при огибании руслом растущих тектонических поднятий типа Самарской луки на Волге) и обусловленные пассивным приспособлением русла к рельефу и геологической структуре.

Врезанные макроизлучины развиваются благодаря возникновению в их вершинах динамических явлений, присущих изгибу потока, смещению русла в сторону вогнутого берега в соответствии с закономерностями развития русел с односторонней поймой и накоплению морфологических изменений, происходящих под влиянием экстремальных половодий (паводков). Макроизлучины широкопойменных русел (свободные) рассматриваются как реликтовые образования или изгибы пояса меандрирования реки, развитие которых происходит на протяжении исторических и геологических отрезков времени через последовательное накопление происходящих морфологических изменений. Таково, в частности, сложение или вычитание центробежных сил на нормальных излучинах и на излучинах пояса меандрирования в зависимости от соотношения знаков их изгибов.

Подобный подход, очевидно, может быть применен к типизации макроформ разветвленного и относительно прямолинейного, неразветвленного русла. Врезанные макроразветвления, образованные коренными высокими островами, имеют размеры, соизмеримые с макроизлучинами (например, на Ангаре). Аналогом излучин поясов меандрирования широкопойменных рек служит пойменная многорукавность. Отсутствие того или другого (в обоих случаях пойма представляет собой единый консолидированный массив) свидетельствует о существовании прямолинейной широкопойменной макроформы русла.

Блок IV представлен собственно морфодинамическими типами русла: излучинами (меандрирование), разветвлениями (русовая многорукавность), относительно прямолинейным, неразветвленным руслом со всеми их разновидностями. Каждый из типов может развиваться на фоне тех или иных макроформ, быть широкопойменным (для излучин широко используются термины "свободные излучины" или "свободное меандрирование", адаптированным (соответственно "вынужденные", "адаптированные" и "вписанные излучины" или врезанным (для излучин – "врезанные излучины"). При

этом горные и равнинные реки характеризуются специфическими особенностями развития морфодинамических типов русел. Так, для горных рек не характерно свободное меандрирование; на широкопойменных горных и полугорных реках преобладают разветвленные русла наиболее сложных форм, как правило, не имеющих определения из-за отсутствия наблюдений за их деформациями и изменениями морфологического облика. Наиболее полно и многообразно формы русла представлены на равнинных реках в условиях свободного развития русловых деформаций, где они являются широкопойменными.

Каждый морфодинамический тип русла представлен различными модификациями (подтипами). В классификационной схеме, разработанной для равнинных рек (рис. 3), эти модификации (подтипы) соотносятся со свободными, адаптированными или ограниченными условиями развития русловых деформаций, поскольку последние во многом определяют возможность развития тех или иных форм излучин, разветвлений или прямолинейного, неразветвленного русла. Их определение обосновано и даются соответствующие характеристики в специальных работах [4, 10, 19], однако в данном варианте схема содержит некоторые дополнения по сравнению с последней опубликованной [19]. К ним относятся, например, пойменно-русловые разветвления, описанные на Амуре и идентифицированные с аналогичными разветвлениями на других реках [20]. Среди широкопойменных русел впервые выделены вынужденные излучины, которые в виде одиночных форм встречаются там, где меандрирующее русло подходит к коренному берегу реки (или отклоняется от него). Собственно адаптированные излучины как тип русла дополнены вписанными излучинами (термин предложен В.П. Букреевым [21]), привершинные части которых повторяют изгибы коренных берегов, образующих чередующиеся фестоны, и пологими смещающимися излучинами, вершины которых лишь касаются коренных берегов. Последние описаны как ограниченное меандрирование в работах ГГИ [15].

Среди широкопойменных разветвленных русел в данной схеме и предыдущих ее вариантах фигурирует ячейка "разбросанные русла". Это – сборный подтип, включающий большую группу русел, слабо или практически не изученных в отношении их морфологии и динамики. Именно из него чаще всего происходит выделение новых ячеек сложных разновидностей разветвленного русла.

Аналогично должны быть построены морфодинамические классификации горных и полугорных рек, причем в них появятся также специфические типы русел (скальные и селевые), специфические виды разветвлений и т.д. Однако в настоящее время при достаточно глубокой разработке типизации русловых процессов и вопросов транспорта руслообразующего аллювия на горных реках сведения о морфологии русел и особенно закономерностях их переформирования очень малочисленны и регионально ограничены, что не позволяет создать полноценную морфодинамическую классификацию.

Блок V классификации включает в себя формы русла второго и третьего порядков, осложняющие излучины, разветвления или относительно прямолинейное неразветвленное русло. Чем меньше устойчивость русла, больше сток наносов и количество руслоформирующих расходов Q_{ϕ} , тем вероятнее образование иерархии вложенных друг в друга форм русла, в том числе развивающихся в разные фазы гидрологического режима [22]. На реках со свободно меандрирующим руслом при прохождении Q_{ϕ} только одного интервала возникают излучины наиболее простой формы, при которой динамическая ось потока в целом повторяет очертания излучины. Если на реке проходят Q_{ϕ} двух или трех интервалов, то возникает все более сложная иерархия излучин: сложные излучины, состоящие из нескольких смежных излучин с меньшими шагом и радиусом кривизны, которые, в свою очередь, осложнены извилинами динамической оси потока, огибающей побочни перекатов.

В разветвленном русле рукава могут меандрировать, причем возникает закономер-

ная последовательность излучин, развитых внутри разветвленного русла: сложные излучины, соответствующие основным рукавам; излучины второго порядка, которые образует русло каждого рукава; извилины динамической оси потока. Такое соотношение является аналогом иерархии излучин меандрирующего русла, и его структура также может определяться количеством Q_{Φ} . Более распространено разделение рукавов небольшими островами на сеть относительно коротких, благодаря чему рисунок разветвленного русла представляет собой запутанный лабиринт рукавов разных размеров. Отдельные острова – в начале и в конце рукава – могут составлять единую цепочку с островами, развивающимися внутри рукава, образуя вместе с ними сопряженную систему разветвлений второго порядка. В свою очередь, каждый рукав второго порядка может разделяться небольшим островом на протоки третьего порядка. Таким образом, возникает иерархия разветвлений, каждый порядок которой соответствует определенному интервалу Q_{Φ} .

В прямолинейном неразветвленном русле возможно образование излучин лишь третьего порядка – извилины динамической оси потока, которые разрушаются по мере смещения побочней. В противном случае прямолинейное русло трансформируется в меандрирующее. В то же время в зависимости от соотношения параметров русла и островов связанная с ними разветвленность может иметь второй или третий порядок, либо второй порядок, осложненный разветвлениями третьего порядка. Если принять, что разветвление второго порядка образовано островом, у которого $B_{\text{ост}} < 0,4b_p$ [23], то в разветвлении рукава, имеющем третий порядок, $B_{\text{ост}} < 0,4b_{\text{рук}}$; соответственно в прямолинейном русле остров, образующий разветвление третьего порядка, будет иметь $B_{\text{ост}} < 0,12b_p$.

В районах ограниченного развития русловых деформаций, где блужданию русел препятствуют трудноразмываемые или скальные породы, слагающие берега и дно рек, а количество руслообразующих наносов сравнительно невелико, формируются врезанные типы русел, набор форм (иерархия) которых минимален. При этом они нередко имеют нерусловой генезис, будучи связанными с геологической структурой, или отражают геологическую историю развития речной долины, что характерно для иерархии врезанных излучин, особенно в районах распространения скальных пород. Чаще формы русла второго или третьего порядка встречаются во врезанном разветвленном или прямолинейном русле, где они имеют аккумулятивное происхождение.

Блок VI классификации образуют формы руслового рельефа и русловые деформации, связанные с грядовым движением наносов, или скульптурные, обусловленные неровностями коренного ложа реки. Сюда же, очевидно, могут быть отнесены морфодинамические типы русел малых рек, обусловленные их заилением и зарастанием – бочажинные (плавневые) и др., поскольку эти явления связаны с трансформацией руслового рельефа. Их также можно рассматривать как одну из разновидностей широкопойменных русел, присущих только малым рекам (это говорит в пользу выделения последних как соответствующих типу русловых процессов на равнинных реках). Во всяком случае такая неопределенность свидетельствует о неразработанности ряда положений морфодинамической классификации.

Дополнительные (параллельные) блоки классифицируют русла по степени устойчивости (блок А), дающей интегральную оценку интенсивности переформирований (в соответствии с градиациями числа Лохтина или коэффициента стабильности русла Н.И. Маккавеева), и по составу руслообразующих наносов (блок Б), определяющих отличие в морфологии и динамике песчано-илистых, песчаных и галечно-валунных русел. Первый из них сказывается в развитии русел на четвертом, пятом и шестом уровнях (блоках) морфодинамической классификации. Вторым является одним из важных условий, определяющих тип русловых процессов, устойчивость русла и одновременно грядовую структуру руслового рельефа. Они могут быть дополнены блоками, в которых дается оценка пересыхания, промерзания рек и других явлений, также оказы-

вающих воздействие и обуславливающих специфику проявлений русловых процессов.

Подобный подход к разработке классификации речных русел Н.И. Маккавеев [3] сопоставлял с принципом построения минералогических комплексов, выдвинутым А.Е. Ферсманом. Он позволяет, с одной стороны, представить в единой схеме все многообразие русел рек и их деформации, а с другой – постоянно включать в нее новые элементы (ячейки) в каждом из блоков по мере расширения знаний о морфологии русел и режиме их деформаций. Каждый блок (ячейка) может быть индексирован, что позволит формировать классификацию для последующей машинной обработки численных значений гидроморфологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанов М.А. Русловой процесс. М.: Физматгиз, 1958. 396 с.
2. Великанов М.А. Русская русловая гидротехника и ее роль в развитии учения о русловых процессах // Вопросы гидротехники свободных рек. М.: Речиздат, 1948. С. 5–14.
3. Маккавеев Н.И. Общие закономерности эрозионно-русловых процессов // Тр. IV Всесоюз. гидрол. съезда. Т. 10. Русловые процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1976. С. 8–12.
4. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
5. Чалов Р.С. Основные понятия теории русловых процессов // Четвертое координац. совещ. по проблеме "Исследование русловых процессов на реках и в устьях рек и разработка методов их учета для различных отраслей народного хозяйства". Луцк, 1989. С. 58–60.
6. Копалиани З.Д., Цхададзе В.С. Типы речных русел Западной Грузии // Тр. Гос. гидрол. ин-та. 1972. Вып. 195. С. 20–32.
7. Прокачьева В.Г., Сنيщенко Д.В., Усачев В.Ф. Дистанционные методы гидрологического изучения зоны БАМа. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 224 с.
8. Великанов М.А. К постановке проблемы русловых процессов // Метеорология и гидрология. 1946. № 3. С. 36–46.
9. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 348 с.
10. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
11. Чалов Р.С. Некоторые особенности руслового режима горных рек // Метеорология и гидрология. 1968. № 4. С. 70–74.
12. Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфометрические характеристики горных рек. Фрунзе: Кыргызстан, 1968. 204 с.
13. Хакимов С.К., Чалов Р.С. Критерии развития типов русловых процессов и их морфологических проявлений на горных реках // Геоморфология. 1993. № 1. С. 45–50.
14. Кондратьев Н.Е., Ляпин А.Н., Попов И.В. и др. Русловой процесс. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 372 с.
15. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории русловых процессов. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
16. Ржаницын Н.А. Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 264 с.
17. Михайлов В.Н. Динамика потока и русла в непривливаемых устьях рек. М.: Гидрометеиздат, 1971. 260 с.
18. Панин А.В. Морфология и динамика врезанных галечно-валунных русел: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1991. 24 с.
19. Чалов Р.С. Принципы типизации, морфология и деформации русел равнинных рек // Эрозионные и карстовые процессы на территории центра Русской равнины. М.: Моск. ф-л ГО СССР, 1987. С. 3–27.
20. Махинов А.Е., Чалов Р.С., Чернов А.В. Направленная аккумуляция наносов и морфология русла нижнего Амура // Геоморфология. 1994. № 3. С. 70–78.
21. Букреев В.Н. Искусственный аналог ограниченного меандрирования // Натурные и лабораторные исследования гидротехнических сооружений. М.: МГМИ, 1987. С. 116–119.
22. Чалов Р.С. Факторы русловых процессов и иерархия русловых форм // Геоморфология. 1983. № 2. С. 16–26.
23. Иванов В.В., Чалов Р.С. Прямолинейные неразветвленные русла как морфодинамический тип // Геоморфология. 1991. № 2. С. 67–73.

TYPES OF CHANNEL PROCESSES AND PRINCIPLES OF RIVER CHANNEL CLASSIFICATION ON MORPHODYNAMICAL BASIS

R.S. CHALOV

S u m m a r y

The channel processes are seen as complex phenomena related to channel – bed interaction, erosion, transport of sediments and alluviation; the notion is used as a basis for channel processes typization. The types of channel processes are shown to correspond to channels' subdivision into those of plain, semi-mountain, and mountain rivers. That forms the first block of the morphodynamic classification of river channels which includes also morphological types of channels (with wide floodplain, incised, adapted ones), types of bed macroforms, morphodynamic types of channels, bedforms hierarchy, and types of channel landforms, each group forming an individual block in classification. Morphodynamic channel types are considered with reference to plain rivers. Unresolved problems of the river channel classification are pointed out.