

ДИСКРЕТНЫЕ И КОНТИНУАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МОРФОЛОГИИ И ДИНАМИКЕ РЕЧНЫХ РУСЕЛ¹

Одним из основных теоретических положений русловедения является представление о дискретности (прерывности) русловых процессов. В понятийный аппарат оно было введено в начале 50-х годов XX столетия Н.Е. Кондратьевым [1], хотя в наиболее полном виде его идеи были опубликованы лишь в 2000 г. [2]. Обобщив опыт исследований механизмов взаимодействия потока и русла, Н.Е. Кондратьев показал, что они различны и подчиняются разным закономерностям на определенных структурных уровнях, соответствующих тем или иным формам проявления русловых процессов. Это соответствует диалектическому подходу к изучению взаимодействия: по Ф. Энгельсу [3, с.199] “чтобы понять отдельные явления, мы должны вырвать их из всеобщей связи и рассматривать их изолированно”, причем различия между ними составляют дискретность (там же, с. 218).

Сам Н.Е. Кондратьев выделил четыре структурных уровня – отдельной частицы, микроформы, мезоформы и макроформы. К микро- и мезоформам он относил гряды разных размеров – малые, “покрывающие обычно все дно водотока..., воспринимаемые как его шероховатость”, и “крупные песчаные скопления, соизмеримые с шириной русла” [2, с. 237], тогда как к макроформам – формы самого русла и поймы (“примером макроформы может служить речная излучина с прилегающим к ней пойменным массивом”) [там же, с. 238]. При всей справедливости содержательной части этих структурных уровней, терминологически произошло смещение принципиально различных форм проявлений русловых процессов: грядовых образований как структурных проявлений транспорта донных наносов и форм самого русла. Вместе с тем пойма – морфологический элемент более высокого ранга, являющийся производной русловых процессов – и эволюции форм русла, и перемещения крупных грядовых образований. С другой стороны, в иерархической структуре форм проявлений русловых процессов имеются также образования еще более крупных рангов со своими закономерностями взаимодействия потока и русла. К таковым относятся морфологические однородные участки русел, бесприточные участки рек (между притоками, близкого к главной реке порядка) и т.д. вплоть до продольного профиля реки в целом. Например, Н.И. Маккавеев [4] рассматривал русловые процессы на четырех главных самостоятельных уровнях: продольный профиль реки; пойма; формы русла; перекаты как формы транспорта наносов. При этом он не соотносил их с категорией “дискретности”, но фактически исследовал русловые процессы на каждом из них; ему же принадлежит термин “форма проявления русловых процессов” [5].

В наиболее полном виде дискретность русловых процессов можно представить в виде системы из семи взаимосвязанных уровней взаимодействия потока и грунтов, слагающих русло реки, форм проявления и их совокупностей, неодинаковых в своем развитии в зависимости от размеров реки и ступенчатости их изменения от истока до устья (рис. 1). Самый низкий уровень – I – соответствует, как и в схеме Н.Е. Кондратьева [1, 2], отдельным частицам донных наносов; русловые процессы на этом уровне проявляются в отрыве частиц грунта (отложений) и приведении их под действием потока в движение. Механизм обоих явлений – отрыв и движение частиц – гидромеханический, но его природная составляющая определяется крупностью частиц (валуны, галька, гравий, песок, ил), количеством поступающего в поток и транспортируемого им твердого мате-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-64293) и по проекту поддержки ведущих научных школ (НШ-4884.2006.5).

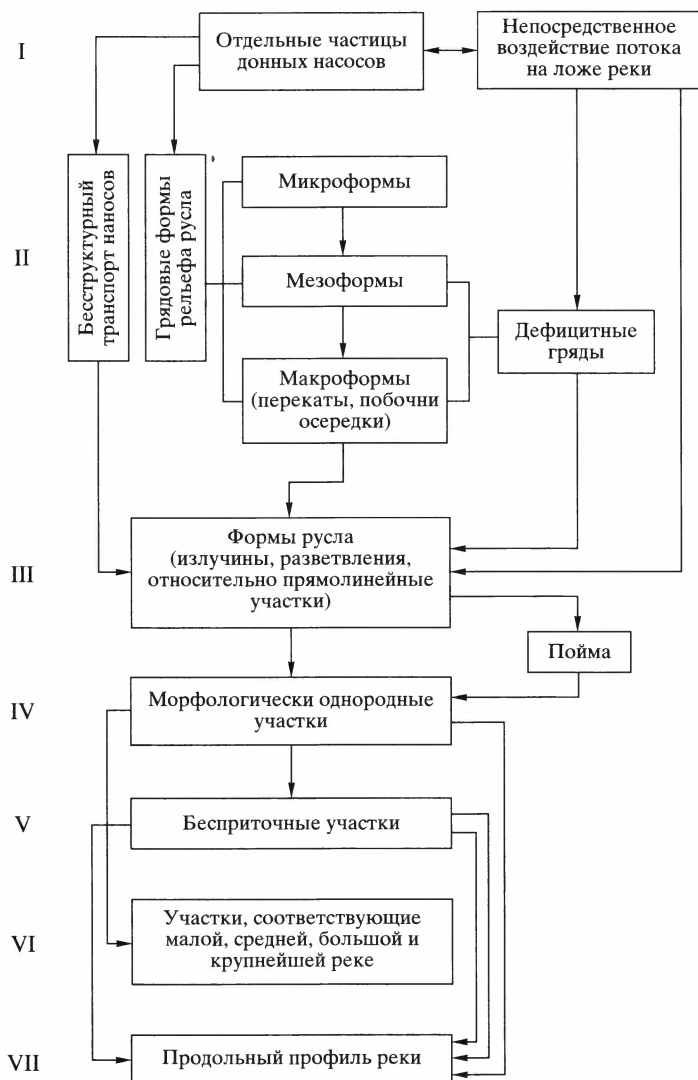


Рис. 1. Структурная организация (дискретность) русловых процессов, форм их проявления и взаимодействия между ее уровнями

риала (в свою очередь, определяемым геолого-геоморфологическим строением долины, характером склонов и склоновых процессов, залесенностью или остепенностью территории бассейна), формированием русла в аллювиальных, аллювиально-дельтовых и других рыхлых отложениях или в скальных, связанных и других прочных породах. С ними связаны условия транспорта наносов – во влекомом или взвешенном состоянии, что в свою очередь, обуславливает на следующем уровне бесструктурный (без образования гряд) или структурный (грядовый и соответствующий ему рельеф русла) транспорт наносов.

Непосредственное воздействие потока на ложе реки представляет собой альтернативный отдельным частицам донных наносов вариант уровня развития русловых процессов. Он характеризуется специфическими особенностями воздействия потока на дно

и реакцией последнего на это воздействие. Его морфологическим проявлением являются скальные русла и их аналоги в трудноразмываемых полускальных (мергели, алевролиты, опоки и др.) и пластичных (глины) грунтах. Для этих условий характерен дефицит наносов и абсолютное преобладание транспортирующей способности потока над стоком наносов $W_{тр} \gg W$. Это создает предпосылки также для корродирующего воздействия перемещаемых потоком частиц на коренное ложе реки.

Второй (II) уровень проявления русловых процессов связан с массовым перемещением донных (влекомых) наносов в виде гряд различных размеров, бесструктурного транспорта наносов или формирования дефицитных гряд. Последние возникают в условиях, когда транспортирующая способность потока $W_{тр}$ намного превышает реальный сток наносов при абсолютном преобладании в нем влекомой (донной составляющей), т.е. $W_{тр} \gg W_G$, где W_G – сток влекомых наносов. Возникающие в этих условиях дефицитные гряды [6] чередуются с участками русла, где поток непосредственно контактирует с коренным ложем, либо они сосредоточиваются в прибрежных частях русла, отсутствуя в стрежневой области.

Наиболее распространенная форма транспорта руслообразующих наносов и рельефа русла – грядовая. Этот структурный уровень может быть представлен тремя подуровнями – микро, мезо и макроформами. При этом гряды меньших размеров формируются и перемещаются по поверхности более крупных гряд. Вследствие этого в подвалья последних поступают как отдельные частицы наносов, так и порционно их совокупности в виде малых гряд, обуславливая пульсацию скоростей их смещения вниз по течению. Таким образом, вся совокупность гряд представляет собой взаимосвязанную систему, в которой каждый подуровень характеризуется своей спецификой взаимодействия с потоком и влиянием на морфологию русла реки. Микроформы руслового рельефа – самые мелкие грядовые образования, размеры которых несопоставимо малы по отношению к размерам потока (его ширине и глубине). А.Ю. Сидорчук [7] называет их рифелями, или самыми малыми грядами. Будучи связанными с пульсацией скорости потока в придонной области, микроформы не оказывают влияния на его структуру. В то же время, покрывая обычно все дно потока, но, не сказываясь в морфологии русла в целом, именно они воспринимаются как его шероховатость [2, с. 236–237]. При повышенной крупности наносов (крупная галька, валуны) подуровень микроформ не возникает, т. к. высота составляющих их гряд колеблется от нескольких миллиметров до первых сантиметров, а длина от нескольких сантиметров до соизмеримости с глубиной потока [8].

К мезоформам руслового рельефа относятся трехмерные гряды, ширина которых составляет десятые и сотые доли ширины русла, а длина соответствует порядку 10 глубин потока [8]. Они также определяют шероховатость русла, вследствие чего Н.Е. Кондратьев [2, 9, 10], Н.С. Знаменская [11] и другие объединяют их в один класс микроформ. В отличие от макроформ, эти гряды, будучи сами обусловленными в своем происхождении макротурбулентностью потока, в обратной связи возбуждают в нем вихри, охватывающие его придонную область. При колебаниях уровней воды и изменениях во времени гидравлических характеристик потока они трансформируются, поскольку трансформируется вихревая структура потока, отображением которой являются гряды-мезоформы. Поэтому А.Ю. Сидорчук [7] выделяет две стадии развития мезоформ (их он называет малыми и средними грядами): активную, в которой гряды соответствуют турбулентной структуре потока, и пассивную, когда возникшие на дне гряды при снижении уровней трансформируются под влиянием поля скорости, поскольку их размеры уже не соответствуют вихрям, отображающим гряды этой длины.

При большой крупности наносов (валуны) и малой водности рек мезоформы также не формируются из-за соизмеримости размеров частиц с глубиной потока. В результате при стоке влекомых наносов, соответствующем транспортирующей способности потока ($W_{тр} \approx W_G$), весь второй уровень может быть представлен только макроформами руслового рельефа.

К макроформам относятся наиболее крупные гряды (большие, по А.Ю. Сидорчуку [7], мезоформы, по Н.Е. Кондратьеву [2, 9, 10] и Н.С. Знаменской [11], перекаты,

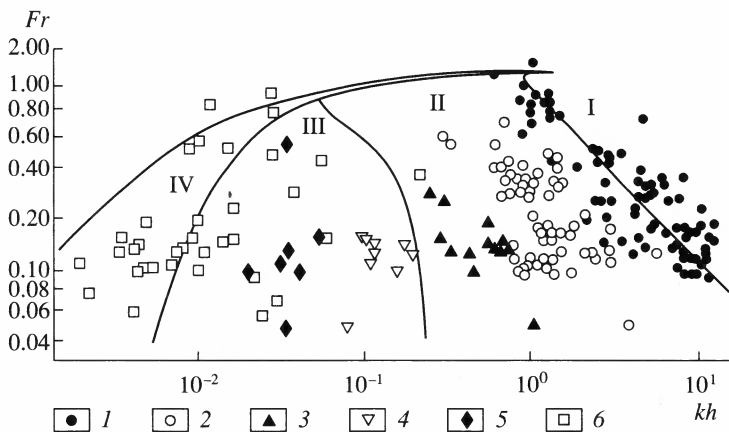


Рис. 2. Области формирования грядовых форм рельефа русла (по А.Ю. Сидорчуку [7])

I – микроформы (1 – рифели); **II** и **III** – мезоформы (2–5 – гряды, расположенные в порядке увеличения их размеров; **IV** – макроформы (6 – побочни)

по Н.И. Маккавееву [4]), высота и ширина которых соизмеримы с глубиной и шириной русла. Они определяют основной облик рельефа русла, обуславливая изменения глубины как вдоль, так и поперек реки. Будучи связанными по своему происхождению с наиболее крупными турбулентными вихрями, возникающими в потоке половодья, макроформы в значительной мере зависят от его скоростного поля и циркуляционных течений, возникающих на излучинах и в разветвлениях русла на рукава. В обратной связи гряды – макроформы влияют на гидравлическую структуру потока, особенно в межень, когда они частично обсыхают. С ними связано возникновение вторичных течений в потоке, существование которых оказывает заметное влияние на режим сезонных перестроений русла. Обсыхающие в межень части этих гряд могут превращаться при зарастании в крупные элементы форм самого русла (шпоры излучин, острова и т. п.), создавая вновь сформировавшиеся участки поймы. И то, и другое (формы русла, пойма) относятся уже к следующему – **III** – структурному уровню проявления русловых процессов.

Выделение микро- (самых малых гряд), мезо- (малых и средних гряд) и макроформ (больших гряд) внутри **II** структурного уровня обосновывается построенным А.Ю. Сидорчуком [7] графиком связи глубины потока kh (здесь k – продольное волновое число $2\pi/x$, x – длина участка реки) и числа Фруда Fr (рис. 2). На нем выделяется четыре области существования динамически устойчивых грядовых форм руслового рельефа разных размеров, находящихся в различных соотношениях с размерами (глубиной) и кинематикой (числом Фруда) потока. Область распространения микроформ (самых малых гряд) располагается вдоль аппроксимирующей зависимости линии $kh = 1.4Fr^{-1}$; минимальные размеры макроформ (больших гряд) описываются уравнением $kh = 1.6g/C^2 \exp(1.8Fr)$. Между ними находится широкая область распространения мезоформ – малых и средних гряд, которые А.Ю. Сидорчуком [7] разделены на две области, граница между которыми соответствует уравнению $kh = 1.2(2g/C^2)^{0.3} \exp(-2.0Fr)$.

В определенных гидравлических условиях и при достаточно большом стоке наносов ($W_{тр} \approx W$) гряды не формируются. Бесструктурный транспорт наносов при массовом их движении возникает в двух случаях: 1) при очень больших скоростях в бурном потоке

(число Фруда $Fr = \frac{V^2}{gh} > 2-3$); здесь V – средняя скорость потока, h – его глубина, g – ускорение свободного падения) движение наносов осуществляется ровным слоем (в гладкой фазе) без образования гряд [11, 12], что свойственно обычно горным рекам с

большими уклонами; 2) при условии $V > 2-2.5V_n$, где V_n – неразмывающая скорость потока, соответствующая предельному состоянию покоя частиц на дне потока [13]. Подобные условия наблюдаются в природе при мелкопесчаном и илистом составе руслообразующих наносов (Амударья, Терек, Хуанхэ), причем обычно на таких реках транспортирующая способность потока реализуется за счет стока взвешенных наносов, который абсолютно преобладает в общем стоке наносов.

Третий (III) структурный уровень составляет формы русла (макроформы, по Н.Е. Кондратьеву [2, 9, 10]), под которыми понимается его морфология с характерными очертаниями в плане (извилистое; разветвленное на рукава; относительно прямолинейное, неразветвленное) и закономерными изменениями ширины и глубины, определяемыми скоростным полем потока и циркуляционными течениями, свойственными каждой форме русла. При этом само русло представляет собой пониженную часть дна долины реки, созданную потоком в виде вытянутого вдоль нее сравнительно узкого углубления, по которому в межень осуществляются сток речной воды (М.А. Великанов [14] русло с поймой, по которой течет вода в многоводную фазу режима, называл “большим руслом”). Русла рек постепенно переформируются под действием водного потока, стока и переотложения речных наносов, формирующихся как в форме гряд, так и бесструктурно. Последние составляют рельеф русла, который трансформируется по длине форм русла в зависимости от особенностей изменения структуры потока и условий транспорта наносов. Во время половодья и паводков речной поток выходит из берегов и затопляет пойму реки, которая представляет собой покрытую растительностью часть дна речной долины, обязанную своим происхождением эрозионно-аккумулятивной деятельностью самой реки (т.е. русловым процессам). Наличие пойменного участка, занимающего шпору излучины в меандрирующем русле, остров в разветвленном или вытянутой вдоль прямолинейного, неразветвленного отрезка – обязательный элемент формы русла, образовавшейся в условиях свободного развития русловых деформаций. При интенсивном врезании реки и формировании врезанного русла пойма превращается в надпойменную террасу, фрагменты которой в той или иной мере занимают шпору излучины, остров или побережье прямолинейного русла. Выход воды из русла на пойму или ее слив с поймы в русло вызывает возникновение различных гидравлических явлений в потоке, оказывающих существенное воздействие на развитие самих форм русла. С другой стороны, пойма регулирует сток воды, является ареной аккумуляции преимущественно взвешенных наносов, вследствие чего в русло с нее сливаются осветленные воды, и, в то же время, при подмыве потоком служит источником поступления в него твердого материала. Н.Е. Кондратьев [2], подчеркивая эту особенность форм русла, говорит, что в них при наличии поймы возникает новый элемент – обмен наносами между руслом и поймой. По Н.И. Маккавееву [4, с. 236], участки поймы, представляющие собой скопления аллювия, “являются ... одной из форм, в которой осуществляется твердый сток реки”.

Таким образом, формы русла по отношению к грядовым формам руслового рельефа составляют уровень более высокого ранга, развитие которых происходит вследствие гидромеханических явлений и в значительной мере связанных со стоком наносов, водным режимом реки, формированием поймы, условием зарастания макроформ руслового рельефа растительностью и другими факторами, определяющими многообразие проявлений русловых процессов на этом уровне.

Протяженные участки рек, в пределах которых преобладают формы русел данного типа (излучины, разветвления, относительно прямолинейные участки), являются морфологически однородными. Каждый из них характеризуется определенным набором факторов русловых процессов, которые определяют известное однообразие форм их проявлений на всем протяжении таких участков. При этом формы русла, в том числе не имеющие сплошного распространения, и относящиеся к другим типам (например, разветвления русла прерываются отдельными излучинами или прямолинейными отрезками; меандрирующее в целом русло чередуется с отдельными разветвлениями или прямолинейными отрезками и т.д.), развиваются сопряжено. Их трансформация во многом

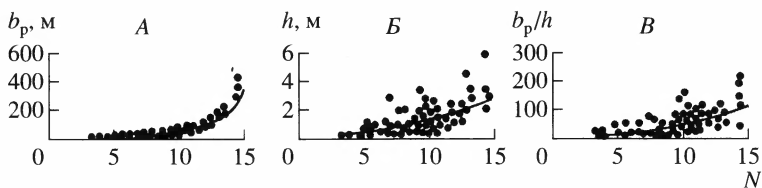


Рис. 3. Связь ширины русла b_p (А), глубины h (Б) и отношения b_p/h (В) с порядком рек (бассейн р. Белой) [18]

зависит от особенностей распространения поймы (пойменных массивов) и условий взаимодействия руслового и пойменного потоков не только в пределах отдельных форм, но и при изменении общей морфологии долины (например, при переходе от сужения долины с узкой поймы к расширению, благодаря чему во время половодья или паводков, затопляющих пойму, происходит чередование зон подпора и спада уровней). Морфологически однородные участки, составляющие, таким образом, следующий – IV – структурный уровень, возникают при чередовании сужений и расширений дна долины или при смене врезанного русла широкопойменным, т.е. определяются геолого-геоморфологическим строением территории. Их границами могут служить относительно крупные притоки, переломы продольного профиля реки, изменения ширины дна долины, подход реки к коренному берегу, сложенному трудноразмываемыми горными породами, или, наоборот, место отхода реки от него, что определяет в макромасштабе условия взаимодействия потока и русла.

Слияние реки особенно с однопорядковым или близким по порядку притокам определяет переход на более высокий – V – уровень проявления русловых процессов, поскольку при этом в двукратном размере увеличивается водоносность реки, резко возрастает транспортирующая способность и изменяется сток наносов, так как $W_{R+G} = f(Q^m)$, где $m > 1$ или, в основном, $m \approx 2-3$ [4], индексы R и G означают взвешенные и влекомые наносы, соответственно. Кроме того, увеличение порядка реки обычно сопровождается определенными изменениями ее водного режима, уменьшением продольного уклона, существенным ростом соотношением ширины и глубины русла b_p/h и изменением других морфологических, гидрологических и гидравлических характеристик [15, 16]. С этим связано изменение параметров форм русел, усложнение разветвлений или увеличение размеров излучин и т.д. О.М. Пахомова [17] обнаружила экспоненциальную зависимость между основными морфологическими и динамическими (скорости размыва берегов) характеристиками русел рек и их порядковой структурой, что позволяет считать бесприточные участки самостоятельным структурным уровнем проявления русловых процессов.

В этом отношении изменения условий формирования русел сказываются при сравнении их морфологических и динамических характеристик на малых, средних, больших и крупнейших реках. В ряде случаев эти изменения совпадают с выделением бесприточных участков, и тогда вслед за четвертым (IV) структурным уровнем следует VI – участки, соответствующие малой, средней, большой и крупнейшей реке. Связи между морфометрическими характеристиками русел и параметрами их форм аппроксимируются уравнениями вида $\varphi = ae^{-kN}$, где φ – характеристика или параметр формы русла, N – порядок, определенный по модифицированной схеме А. Шайдеггера, имеет перегибы при $N = 10$ и $N = 14$, между которыми зависимость принимает линейный вид (рис. 3). Особенно отчетливо это проявляется при анализе связи $b_p/h = f(N)$ (рис. 3, В): при $N > 14$ отношение b_p/h даже при незначительном возрастании N резко увеличивается, поскольку при существенном изменении ширины средняя глубина потока меняется незначительно [18]. Отсюда, разделение рек на малые, средние и большие можно производить, исходя из величины их порядка (по А. Шайдеггеру): к малым относятся реки с $N < 10$, средним – с $N = 10-14$, большим – с $N > 14$ [17].

Сопоставление полученных результатов с данными М.В. Потапова [19] об условиях развития поперечной циркуляции на излучинах, выводами А.С. Завадского [20] о различиях в гидролого-морфологических зависимостях меандрирующих русел малых, средних – больших и крупнейших рек, а также с расчетами критерия квазиоднородности потока, предложенного И.Ф. Карасевым [21] $\Theta = \frac{b_p}{h} \sqrt{\lambda}$, где λ – коэффициент гидравлических сопротивлений, C – коэффициент Шези ($\Theta < 4.5$ на реках с $N < 10$), подтверждает справедливость применения значений $N = 10$ и $N = 14$ в качестве граничных параметров, определяющих распределение по порядкам малых, средних и больших рек.

Самым высоким – VII – структурным уровнем являются реки в целом, точнее – их продольные профили. Они интегрируют в себе развитие русла на всех более низких структурных уровнях, представляя собой, в то же время, особую форму проявления русловых процессов. Ее функционирование связано с распределением по длине реки энергии потока, изменениями водности, уклона, стока и состава руслообразующих наносов и т.д. Эти факторы определяют форму продольного профиля и направленность вертикальных русловых деформаций (врезания, аккумуляции наносов) на разных участках реки, создающих фон, на котором происходит развитие морфологически однородных участков, отдельных форм русла и макроформ руслового рельефа.

Как философская категория “прерывность (дискретность) – непрерывность” представляет собой не только пространственную, но и временную ограниченность и взаимосвязь (взаимообусловленность) элементов состояния объекта. В этом отношении русловые процессы дискретны, поскольку они в разные фазы гидрологического режима проявляются на разных структурных уровнях, с различной интенсивностью на одном и том же уровне, имеют неодинаковую направленность и характеризуются определенным набором морфологических образований и их параметров. С этим связано по существу выделение руслоформирующих расходов воды (в понимании Н.И. Маккавеева [4]), при прохождении которых происходят наиболее существенные русловые деформации и которые соответствуют одному, двум или трем интервалам расходов, между которыми деформации затухают, но на каждом из которых проявляются на том или ином структурном уровне. Известно также, что сезонный режим перекатов характеризуется их намывом (повышение отметок дна вследствие аккумуляции наносов) в половодье и размывом их гребней в межень, обратным соотношением обмеления и размыва в межень и половодье или более сложными комбинациями этих процессов, но в любом случае различных по направленности, интенсивности и широте своего проявления в разные периоды времени. На горных реках и реках с галечно-валунным составом руслообразующих наносов их транспорт и деформации русла осуществляются только в многоводную фазу режима и полностью затухают в межень, сопровождаясь осветлением потока до нулевых значений мутности. Наконец, значительные части русла в пределах высоких частей побочней и осередков обсыхают на спаде половодья и в межень, вообще выходя из-под воздействия потока в маловодную фазу режима, а иногда и в половодье, но в маловодные годы. Мелководные рукава и протоки функционируют только в половодье, у других изменяется их роль в отношении стока наносов в разные фазы режима. Перекаты, как единые формы руслового рельефа, развиваются только в половодье, после чего они расчлениются на отдельные элементы, и дальнейшие их переформирования ограничиваются их седловиной.

Развивая идеи дискретности русловых процессов, Н.Е. Кондратьев [1, 2] одновременно отмечал, что дискретные свойства системы “поток – русло” неразрывны со свойствами сплошной среды, т.е. имеет место непрерывность этой системы. Действительно, ее существование и развитие обеспечиваются взаимосвязью, взаимозависимостью и сопряженностью между собой всех форм проявления русловых процессов, при которых формы более низких уровней (рангов) являются составной частью более крупных, и развитие последних, наряду со специфическими закономерностями, в значительной мере обеспечивается развитием первых и, наоборот, условия формирования первых опреде-

ляются воздействием на поток последних. Несмотря на это идеи дискретности, как пространственной отграниченности элементов объекта, оказались доминирующими в теории и практике русловедения, что было справедливо на определенном этапе развития самой теории русловых процессов. В дальнейшем, не умаляя их значимости для русловедения, сохраняя структурный (уровневый) подход к изучению речных русел, их морфологии, динамики, генезиса русловых форм, и наряду с ними все большее внимание стало уделяться именно непрерывности русловых процессов, форм русла и руслового рельефа. В наиболее полном виде этот подход был сформулирован А.Ю. Сидорчуком [7, с. 6] как принцип континуальности русловых процессов, заключающийся в “непрерывности... руслового потока и поля отметок дна речного русла, взаимосвязанности и взаимопереходах отдельных форм русел”. Его формальным отражением является, например, методика расчета стока влекомых (донных) наносов по совокупности движения гряд разных размеров – от соизмеримых с руслом до микроформ, накладывающихся друг на друга, предложенная Н.И. Алексеевским [22].

Континуальность русловых процессов проявляется в последовательности взаимосвязей формирования и развития русел на разных структурных уровнях, при чем эта взаимосвязь может быть как прямой (рис. 1), направленной от низших структурных уровней к высшим, так и обратной. Прямая связь проявляется в последовательной зависимости образования и эволюции последних от степени развитости и динамики форм проявления русловых процессов на более низких уровнях. Без приведения в движение отдельных частиц донных отложений (наносов) невозможно образование грядовых форм руслового рельефа. Последние, развиваясь на трех самостоятельных подуровнях, определяют, с одной стороны, образование и движение более мелких форм по поверхности более крупных, от параметров которых, влияющих на глубину потока и его гидравлические характеристики, зависит степень развитости иерархии и морфометрии гряд меньших размеров. С другой стороны, движение микро- и мезоформ грядового рельефа по поверхности макроформ и мезоформ обуславливает их смещение за счет порционного поступления наносов в подвалье более крупной гряды, вызывая ее пассивное [22], или косвенное [11], смещение. В отличие от него отложения в подвалье гряды любого размера отдельных частиц наносов, перемещающихся по их поверхности (напорному скату) определяют активное [1, 22] движение самих гряд.

Макроформы руслового рельефа, оказывая обратное воздействие на скоростное поле и структуру потока, особенно в маловодные фазы режима, когда они частично обсыхают, способствуют трансформации формы самого русла вследствие размыва противоположных им берегов, возникновению в потоке зон замедления и ускорения течения. В результате макроформы, попадая в зоны замедленного течения, прекращают смещение, растут в высоту вследствие поступления на них новых порций наносов в виде гряд меньших размеров и, частично, осадения явзвешенных наносов. Закрепляясь в этих условиях растительностью, они становятся ядрами формирования поймы, образующей шпоры излучин, острова или вытянутые линейно участки вдоль берегов прямолинейного русла. Сопряженное развитие отдельных форм русла проявляется в развитии смежных форм в пределах морфологически однородных участков.

На всех структурных уровнях прямые взаимосвязи между ними (их континуальность) определяются, в конечном счете, тем, что низшие представляют собой составную часть более высоких и, таким образом, развитие последних в той или иной мере зависит от характера и направленности русловых процессов на низших уровнях. В частности, отрыв отдельных частиц наносов от дна или непосредственное воздействие потока на ложе реки с участием явлений коррозии, механического, биохимического и других видов подводного выветривания горных пород, в конечном счете, является непременным условием эволюции продольного профиля реки на соответствующих ее участках.

Обратные связи морфологически менее значимы и проявляются зачастую опосредованно. Они обусловлены продольным перемещением вещества (водных масс, наносов) и энергии его реализаций в формировании и развитии каждого структурного уровня. С другой стороны, структурные уровни высшего порядка и их развитие являются фоном,

на котором происходит образование и развитие форм низших порядков, причем процессы, происходящие во всей иерархии уровней, интегрируют между собой, обуславливая многообразие форм проявлений русловых процессов в целом.

Непрерывность (континуальность) русловых процессов во времени представляет собой взаимосвязь и взаимообусловленность всех форм их проявления. В наиболее полной мере и в явном виде она проявляется на участках русла, остающихся под водой во все фазы гидрологического режима; следовательно, здесь обеспечивается временная непрерывность взаимодействия потока и русла, хотя меняются формы его проявления и интенсивность происходящих при этом деформаций русла. С другой стороны, в макромасштабе времени даже те части русла, которые обсыхают в маловодную фазу режима, при возобновлении воздействия на них потока продолжают свое развитие, сохраняя уже заданную направленность. Таково, например, смещение побочной перекатов в половодье, которое происходит после продолжительного (по отношению к годовому циклу) периода их обсыхания.

Выявление временной дискретности и непрерывности русловых процессов определяет русловой режим рек, анализ которого не менее важен для понимания закономерностей развития речных русел, чем их рассмотрение на разных структурных уровнях на фоне пространственной непрерывности форм их проявления. В совокупности пространственно-временная дискретность и континуальность (прерывность и непрерывность) русловых процессов по существу представляют собой один из общих законов их развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кондратьев Н.Е.* О дискретности русловых процессов // Проблемы русловых процессов. Л.: Гидрометеоиздат, 1953. С. 42–43.
2. *Кондратьев Н.Е.* Русловые процессы рек и деформации берегов водохранилищ. СПб.: Знак, 2000. 258 с.
3. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1969. 260 с.
4. *Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
5. *Маккавеев Н.И.* Формы проявления русловых процессов // Уч. м-лы к VI сессии 1974 г. Межд. гидрологических курсов при МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 17–21.
6. *Дебольский В.К., Котков В.М.* Особенности динамики дефицитных гряд в поступательных потоках // Метеорология и гидрология. 1977. № 10. С. 67–71.
7. *Сидорчук А.Ю.* Структура рельефа речного русла. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 128 с.
8. *Снищенко Б.Ф.* Парные связи параметров гряд и характеристики потока // Тр. ГГИ. 1983. № 288. С. 15–25.
9. *Кондратьев Н.Е., Ляпин А.Н., Попов И.В. и др.* Русловой процесс. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 372 с.
10. *Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 272 с.
11. *Знаменская Н.С.* Грядовое движение наносов. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 188 с.
12. *Kennedy J.F.* The mechanics of dunes and antidunes in erodible-bed channels // Fluid Mechanics. 1963. V. 16. P. 37–68.
13. *Михайлова Н.А.* Перенос твердых частиц турбулентными потоками воды. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 236 с.
14. *Великанов М.А.* Русловой процесс. М.: Госфизматиздат, 1958. 395 с.
15. *Ржаницын Н.А.* Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 240 с.
16. *Ржаницын Н.А.* Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 264 с.
17. *Пахомова О.М.* Гидролого-морфологические характеристики русел рек и порядковая структура речной сети: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2001. 28 с.
18. *Чалов Р.С., Завадский А.С., Пахомова О.М.* Естественные и антропогенные проявления русловых процессов в различных звеньях речной сети // Пробл. гидрологии и гидроэкологии. М.: 1999. Вып. 1. С. 203–216.
19. *Потапов М.В.* Винтовое движение жидкости в прямолинейном открытом канале прямоугольного сечения // Поперечная циркуляция в открытом потоке и ее гидротехническое применение. М.: Сельхозгиз, 1936. С. 102–154.

20. *Завадский А.С.* Гидролого-морфологический анализ свободного меандрирования русел равнинных рек: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2001. 27 с.
21. *Карасев И.Ф.* Руслвые процессы при переброске стока. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 288 с.
22. *Алексеевский Н.И.* Формирование и движение наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 203 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
10.01.2006

MANIFESTATIONS OF DISCRETENESS AND CONTINUITY OF CHANNEL PROCESSES IN THE MORPHOLOGY AND DYNAMICS OF RIVER CHANNEL

R.S. CHALOV

S u m m a r y

Author elaborates the idea of channel processes discreteness, put forward by N.E. Kondrat'ev. The philosophical concept of discreteness was applied to temporal manifestation of channel processes. The inseparability of discrete and continual approach to the investigation of channel forms and dynamics is shown.