

УДК 556.535

Е.В. Борщенко¹, Р.С. Чалов²**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУСЕЛ РЕК БАСЕЙНА АМУРА³**

Рассмотрены закономерные пространственные изменения (с запада на восток) факторов русловых процессов, условий формирования русел и как следствие распространение морфодинамических типов русел в российской части бассейна Амура. Выявлены обусловленные водным режимом и стоком наносов региональные различия в прохождении руслоформирующих расходов воды и роль мощности потока в формировании русел разных морфодинамических типов, а также влияние рельефа и смены врезания рек направленной аккумуляцией наносов в равнинных частях бассейна и на большей части нижнего Приамурья.

Ключевые слова: русловые процессы, морфодинамика русел рек, руслоформирующие расходы воды, российская часть бассейна Амура.

Введение. Для территории России изменения стока воды и наносов как ведущих факторов русловых процессов проявляются с запада на восток, и последовательно в этом же направлении усиливается роль паводков, что особенно наглядно сказывается сначала в появлении второй (наряду с половодьем) многоводной фазы водного режима (восточносибирский тип), а затем — в переходе к дальневосточному типу режима с его мощным летним паводочным периодом, связанным с продолжительными и обильными муссонными дождями. В наибольшей мере это характерно для бассейна Амура, вытянутого с запада на восток более чем на 1000 км. Бассейны других рек Дальнего Востока из-за на порядок меньших размеров находятся в однородных гидроклиматических условиях, которые определяются их положением на побережье Тихого океана.

Различия в водном режиме и стоке наносов сказываются на особенностях формирования русел. В работах [19, 24] дана их оценка в целом для всей страны: разработаны схемы районирования по количеству и обеспеченности руслоформирующих расходов воды, по стоку и составу наносов, геолого-геоморфологическим условиям развития русловых деформаций, устойчивости русел, распространению русел рек с разным морфодинамическим типом, а также по русловому режиму рек. На этом общем фоне комплексный внутрибассейновый анализ условий формирования русел и их руслового режима практически отсутствует. Известны лишь работы по бассейнам Волги [15, 20, 26], Северной Двины [17], верхней Оби [20], лишь в последнее время появились исследования бассейна Амура [4–6], но в них рассмотрены или отдельные аспекты условий формирования и их проявлений в морфоло-

гии и динамике русел (Амур), или их бассейны характеризуются более или менее однородными гидроклиматическими условиями. Вместе с тем в последнее время интерес к проблемам гидрологии и руслового режима Амура и рек его бассейна существенно возрос [12, 21] вследствие современных тенденций в экономическом развитии региона.

Постановка проблемы. Цель исследований — выявление закономерностей руслового режима рек и гидролого-морфологических соотношений в развитии речных русел бассейна Амура, связанных с последовательной сменой с запада на восток резкоконтинентального климата муссонным, сравнительно небольшого весеннего половодья — мощным летне-осенним паводочным периодом, горного обрамления бассейна — тектонически погружающимися впадинами вдоль его осевой части и в низовьях и соответственно с переходом от горных рек к равнинным, а врезания рек — направленной аккумуляцией наносов и т.д.

Материалы и методы исследований. В основу работы положены литературные данные, крупномасштабные карты, в том числе лоцманские для судоходных рек разных лет издания, аэроснимки 1960 г. и современные космические снимки, данные сетевых наблюдений на постах Росгидромета (102 поста с периодом наблюдений от 6 до 108 лет) и материалы собственных полевых исследований. При этом применялся географический подход и методологические приемы изучения русловых процессов, разработанные в МГУ [13, 22–24] и апробированные на многих объектах [15, 17, 20, 26].

Результаты исследований и их обсуждение. Природные условия развития русловых процессов. Амур — одна из наиболее крупных рек России, занимающая

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, аспирант; *e-mail:* ev_borshchenko@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, профессор, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, зав. лабораторией; *e-mail:* rschalov@mail.ru

³ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 12-05-00348), программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ -79.2012.5), по государственному контракту с РосНИИВХ и по договорам с ОАО “Ленгипроречтранс”.

среди них 3-е место по длине (4440 м от истока Аргуня до впадения в Амурский лиман) и 4-е по площади бассейна (1855 тыс. км², из них 53% — на территории России). Самые крупные левые притоки Амура — Зея, Буря, Амугнь, правые — Сунгари, протекающая на территории КНР, и Уссури. Среднегодовой расход Амура возрастает от 756 м³/с в районе слияния рек Шилка и Аргунь (пост п. Кумара) до 10 900 м³/с (гидропост г. Хабаровск); среднемаксимальный расход, приходящийся на летне-осенний паводочный период, а также связанный с муссонными дождями — 1920 и 24628 м³/с соответственно. Обширная территория бассейна и его вытянутость с запада на восток, почти от Байкала до Тихого океана, определяют разнообразие физико-географических условий, гидрологического и руслового режимов рек, пространственные закономерности их изменений [4, 9, 12]. Особенности формирования стока воды — ведущего фактора русловых процессов — обусловлены его положением на востоке Азии, постепенной сменой резкоконтинентального климата в западной (верхней) части бассейна муссонным в восточной (нижней — по течению главной реки), сложным рельефом его поверхности, создающим различные орографические условия, также меняющиеся с запада на восток.

Водный режим рек бассейна определяется преобладанием летне-осеннего паводочного периода в стоке. Однако в верхней (западной) части бассейна (бассейны Шилки, Ингоды, Онона) благодаря хорошо выраженному, хотя и невысокому, половодью выделяются две многоводные фазы. На востоке бассейна весеннее половодье незначительное, большая часть стока реки (от 89 до 98%) приходится на летний период дождевых паводков, продолжающийся до 5–6 месяцев. Модуль стока воды увеличивается при этом от 1–5 до 15 л/с·км².

В геоморфологическом отношении бассейн представляет собой чередование горных складчато-глыбовых хребтов и цепей, ориентированных в основном в северо-восточном направлении, и межгорных впадин, разделяющих эти хребты (Забайкалье) или представляющих самостоятельные крупные морфоструктуры (Амуро-Зейская, Зейско-Буреинская равнины, Среднеамурская низменность) [16] и испытывающих тектоническое погружение. Все это определяет большое разнообразие условий формирования русел рек бассейна, неоднократную смену свободного развития русловых деформаций с преимущественным распространением широкопойменных русел с преобладанием врезанных русел.

Сток наносов — фактор русловых процессов и в то же время их важнейшая составляющая — вслед за стоком воды в бассейне Амура обнаруживает закономерное изменение с запада на восток, что проявляется в уменьшении доли стока влекомых наносов. Наибольшая величина последней (свыше 90%) характерна в основном для высокогорных районов, для рек с преимущественно врезанным или адаптированным рус-

лом. На этих реках руслообразующие наносы, как правило, галечно-валунные, их транспортировка происходит только в многоводные фазы водного режима. Количество взвешенных наносов на этих реках невелико вследствие высокой устойчивости к размыву горных пород, слагающих дно и берега, и преимущественно физического выветривания пород. Взвешенные наносы преобладают в общем стоке наносов на реках равнинных областей (до 90% — р. Амур, гидропост Хабаровск), чему способствует направленная аккумуляция наносов, в первую очередь влекомых, как это происходит на значительной части среднего и нижнего Амура и его притоках.

Руслоформирующий расход воды (Q_{ϕ}) на реках бассейна проходит в один, два или три интервала [5]. Верхний наблюдается при уровнях, соответствующих наибольшему разливу воды по пойме. Средний и нижний интервалы Q_{ϕ} наблюдаются в пределах пойменных бровок, причем это могут быть оба или только средний интервал, соответствующий уровням непосредственно ниже бровок поймы и затопления побочной, или только нижний — при уровнях межеи, когда обсыхают побочки и русловые деформации сосредоточены в пределах седловин перекатов.

На реках с галечно-валунными наносами в горных районах руслоформирующее значение иногда приобретает экстремально высокий расход воды, который в бассейне Амура связан с наиболее мощными летне-осенними дождевыми паводками. В зависимости от особенностей гидрологического режима, распространения широкопойменных, врезанных, адаптированных русел можно выделить три основных сочетания условий прохождения Q_{ϕ} : 1) Q_{ϕ} при затопленной пойме и один Q_{ϕ} до выхода на пойму; 2) Q_{ϕ} при затопленной пойме и два Q_{ϕ} в бровках поймы; 3) Q_{ϕ} , проходящий только до выхода воды на пойму. По этим признакам бассейн Амура разделен на зоны, области и районы (рис. 1). На схеме принята следующая индексация: буквами — обозначены зоны, римскими цифрами — области, арабскими цифрами — районы. Обозначения зон Б и В и их названия (Центральная и Южная) приняты в соответствии со схемой районирования территории СССР по условиям прохождения Q_{ϕ} [19]. Зоны выделяются по прохождению Q_{ϕ} при затопленной пойме или отсутствию верхнего интервала Q_{ϕ} , области — по числу Q_{ϕ} в бровках поймы, районы — по обеспеченности Q_{ϕ} .

Анализ схемы районирования и данные по обеспеченности интервалов Q_{ϕ} [5] отчетливо выявляют связь условий их прохождения с водным режимом [8] и особенностями рельефа бассейна. На основной территории российской части бассейна (90%) отмечен верхний интервал Q_{ϕ} , который проходит при затопленной пойме, он характеризуется общей тенденцией к увеличению обеспеченности — от первых нескольких процентов и даже <1% в западных областях до 5–7,5% в восточных. Число и обеспеченность интерва-

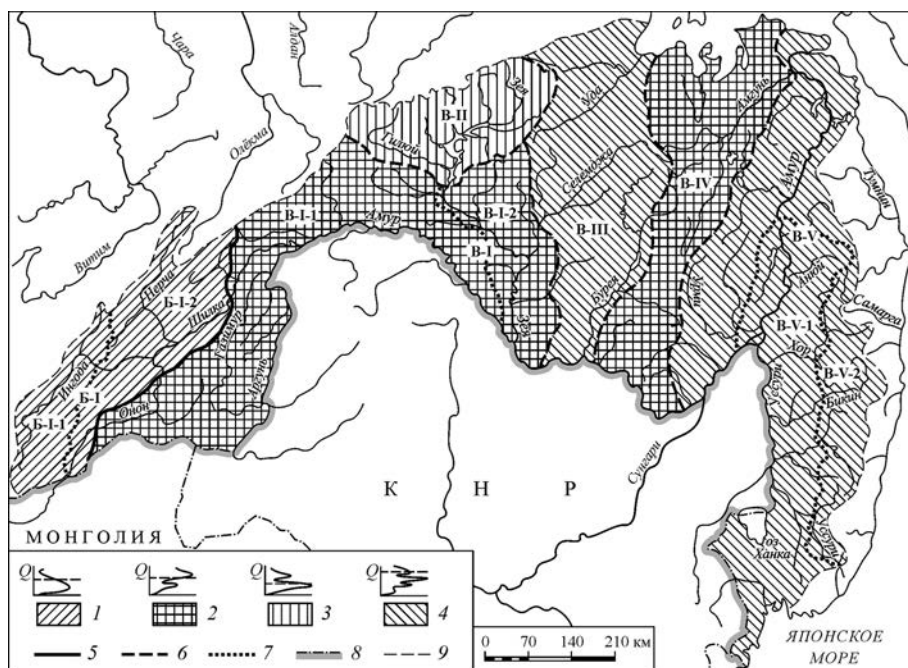


Рис. 1. Районирование бассейна Амура по условиям прохождения руслоформирующих расходов воды на реках. Индексы: Б, В — зоны; I—V — области; 1—2 — районы. Области и соответствующие им эпюры для определения Q_f : 1 — с одним интервалом Q_f до выхода воды на пойму; 2 — с двумя интервалами Q_f : верхним — при затопленной пойме и средним — в бровках поймы; 3 — то же, но с нижним интервалом Q_f в пределах перекастов; 4 — с тремя интервалами Q_f : верхний — при затопленной пойме, средний — в бровках поймы, нижний — в пределах перекастов. Границы: 5 — зон; 6 — областей; 7 — районов; 8 — государственная граница РФ; 9 — российская часть бассейна

лов Q_f отражается в характере русел рек, особенностях деформаций и распространении морфодинамических типов (табл. 1). При этом сложность переформирования русел возрастает с запада на восток по мере увеличения обеспеченности Q_f верхнего и среднего интервалов (Q_f нижнего интервала в развитии форм русла непосредственно не проявляется, сказывается лишь в интенсивности переформирования аккумулятивных форм руслового рельефа), а через них — на развитие излучин и разветвлений. Особенно ярко это проявляется на реках Приморья (область В-V), где благодаря высокой обеспеченности Q_f нижнего интервала, обусловленной продолжительными дождевыми паводками, происходит формирование прирусловых отмелей, кос и т.д. [8].

Районирование бассейна по условиям формирования русел и развитию русловых деформаций. Четкой связи между условиями прохождения Q_f и распространением русел разных морфодинамических типов нет, она прослеживается лишь в виде общей тенденции. Это связано с многофакторностью русловых процессов, силой воздействия прочих (кроме стока воды и наносов) факторов, свободными или ограниченными условиями развития русловых деформаций, а также с направленностью и темпом вертикальных русловых деформаций [6, 10, 11, 14], в которых также прослеживается закономерное изменение с запада на восток и от гор к равнинам и низменностям. В пределах горных территорий или плато реки врезаются со скоростью не менее 0,5 см/год. Врезание характерно для верхнего Амура.

Аккумуляция наносов проявляется на участках рек при выходе их в предгорья, в межгорных котловинах, на низменностях, соответствующих погружающимся морфоструктурам (Аргунь, Зeya, Селемджа, Бурей, Амгунь, Уссури и ее притоки), усиливалась в восточном направлении. На Амуре она начинает проявляться уже в среднем течении (ниже слияния с Зеей) и охватывает все нижнее течение, в том числе при пересечении рекой отрогов Сихотэ-Алиня. Направленная аккумуляция способствует развитию русловых разветвлений, пойменной многорукавности, прорванных излучин и прирусловых озер (разливов) на притоках Амура (кроме больших притоков — Сунгари, Уссури).

По всей совокупности факторов и условий, распространению морфодинамических типов русел, интенсивности и направленности русловых деформаций выделяются 8 районов: I — Южнозбайкальский, II — Восточнозбайкальский, III — Амуро-Верхнезейский, IV — Зейско-Буреинский, V — Буреинский, VI — Амуро-Амгуньский, VII — Нижнеамурский, VIII — Сихотэ-Алинский (рис. 2), последовательность расположения которых отражает общую тенденцию к усложнению морфологии, режима и интенсивности русловых деформаций. Поэтому здесь есть определенное сходство с районированием по условиям прохождения Q_f , а различия связаны главным образом с особенностями рельефа, свободными или ограниченными условиями развития русловых деформаций, наледными явлениями, островной мерзлотой, со знаком направ-

Таблица 1

Распределение морфодинамических типов русел в % от общей длины рек (слева от черты) и длины рек с широкопойменным руслом (справа от черты) в российской части бассейна Амура по зонам, областям и районам, выделенным по условиям прохождения руслоформирующих расходов воды Q_p (рис. 1)

Тип русла	Бассейн	Б	Б-1	Б-2	В	В-1	В-1-1	В-1-2	В-П	В-III	В-IV	В-V	В-V-1	В-V-2
Горные														
1	5,0	—	—	—	6,1	2,1	—	2,1	8,2	3,9	2,8	4,1	4,2	—
2	11,9	9,2	9,5	—	13,2	4,7	4,7	4,7	14,3	16,1	22,8	14,7	15,7	1,4
Полугорные и равнинные														
Врезанные														
3	15,4	20,1	20,9	2,8	18,7	25,1	26,1	7,4	6,6	9,4	4,2	12,7	6,7	13,6
4	18,4	19	19,3	2	20,1	17,4	18	16,8	34,8	14,1	11,9	5,1	5,3	4,1
5	2,4	—	—	—	2,5	4,6	4,2	5,7	1,7	2,2	0,9	2,9	3	—
Равнинные широкопойменные и адаптированные														
6	5,1/12,2	4/13	4,1/9,5	0,8/14,2	6,1/11,3	8,9/14,7	9,1/25	5,3/14,4	2,6/9,1	3,4/9,2	3/5,4	11/4,7	11,4/6,9	6/16,1
7	14,5/30,7	23/42,5	23,6/57,4	4/20,3	9,3/17,2	7,5/14	7,9/14,8	6,2/13,8	5/17,3	14,1/38,5	6,3/10,7	11,9/10,1	12,21,1	1,2/8,1
8	12/21,5	14,3/20,1	14,6/6,8	1,1/32,4	11,2/23,1	18/21	18,4/34,2	6,9/14,4	20,6/51,8	19,6/6,9	6,3/11,2	15,9/12,3	16,4/27,2	28,3/26,2
9	1,1/2,2	—	—	—	1,3/4,7	5,2/11,9	6,2/12,8	0,8/-	0,8/2,7	1/2,7	—	2,4/5,7	2,7/1,9	2/3,9
10	4,1/10,8	5,1/9,7	5,2/11,5	1,2/4,5	3,2/12	2,8/6,7	2,7/5,8	3,1/11,2	2,7/7,7	9,2/23,9	6,7/12	12/12,9	12,4/11,9	5,3/16,4
11	2,2/6,6	—	—	—	2,7/14	8,5/5,9	1,9/4,3	9,1/7,5	2,6/9,1	3,8/10,4	18,8/31,8	6,4/17,6	6,7/14,2	5,3/14,9
12	2,4/6,3	2,1/4,8	1,9/4,7	0,6/4,7	3,9/8	3,9/12,6	0,7/3,2	4,9/23,9	—	—	10,7/19	10,5/9,3	0,4/17,4	11/12,6
13	2,4/1	—	—	—	2,8/2,1	2,1/2,3	—	1,9/3,2	-/1,4	—	—	9,4/18,5	0,9/8,5	10,6/6,3
14	3,1/9,1	3,2/10,2	3,9/10,1	1,3/10,1	4,2/7,9	1,1/11,1	—	1,2/11,8	-/0,9	3,1/8,5	5,6/9,9	10,7/9,2	2/10,8	11,2/7,7

Примечания. Типы русел: 1, 2 — горные (1 — врезанные, 2 — широкопойменные); 3—5 — равнинные врезанные (3 — прямолинейные, 4 — излучины, 5 — разветвления); 6—14 — равнинные широкопойменные (6 — относительно прямолинейные, неразветвленные, 7 — вынужденные излучины, 8 — круглые сегментные и петлеобразные излучины, 9 — омеговидные излучины, 10 — прорванные и заваленные излучины, 11 — разветвленно-извилистое русло, 12 — одиночные и односторонние разветвления, 13 — сопряженные и сложные разветвления, 14 — пойменно-русловые разветвления).

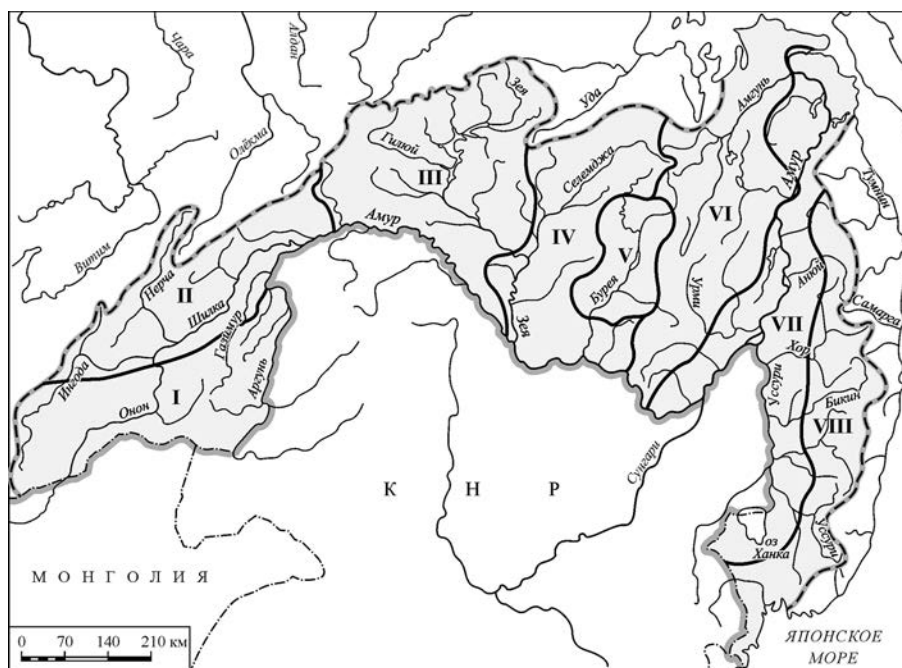


Рис. 2. Районирование российской части бассейна Амура по условиям формирования русел, распространению морфодинамических типов и русловых деформаций. Районы: I — Южнозабайкальский, II — Восточнозабайкальский, III — Амуро-Верхнезейский, IV — Зейско-Буреинский, V — Буреинский, VI — Амуро-Амгунский, VII — Нижнеамурский, VIII — Сихотэ-Алинский

ленности вертикальных деформаций (врезание или аккумуляция наносов).

На реках I района преобладают разветвленные русла: одиночные, односторонние, пойменно-русловые разветвления, разветвлено-извилистые русла, в межгорных долинах — вынужденные и свободные излучины, сегментные крутые и синусоидальные; широко распространена пойменная многорукавность; на р. Аргунь — раздвоенное русло с меандрирующими рукавами. Район II характеризуется развитием врезанных русел, преимущественно относительно прямолинейных и врезанных излучин. Район III отличает чередование врезанных и широкопойменных русел; на крупных реках преобладают врезанные излучины и прямолинейное русло, реже — разветвления (Зей); русла горных рек широкопойменные, в верховьях — врезанные; выше Зейского водохранилища — довольно большая территория со свободными условиями развития русловых деформаций. В районе IV (Зейско-Буреинская низменность) доминируют широкопойменные русла: пологие и крутые сегментные излучины, реже относительно прямолинейное русло и одиночные разветвления. Большинство рек района V имеет врезанные русла (излучины и прямолинейное). В районе VI характерно чередование широкопойменных и врезанных русел при явном преобладании широкопойменных — разветвленных и разветвленно-извилистых. Район VII совпадает со Среднеамурской низменностью: здесь Амур широкопойменный, с богатым спектром разветвлений, в том числе пойменно-русловых; его левые притоки свободно меандрируют, на правых — распространены одиночные и сопряженные разветвления, разветвленно-извилистое русло. В райо-

не VIII — сложное чередование врезанных и широкопойменных русел; среди последних, расположенных в долинах-грабенах, преобладают крутые и пологие сегментные свободные и вынужденные излучины, часто с пойменной многорукавностью, реже встречаются относительно прямолинейные русла с одиночными разветвлениями.

Обобщение полученных данных показало, что каждый район характеризуется своим набором морфодинамических типов русел. С запада на восток увеличивается доля разветвленных русел в связи с увеличением продолжительности и интенсивности многоводного периода; на востоке бассейна (нижнее Приамурье и реки бассейна Уссури) преобладают разветвления даже на горных и полугорных руслах; западные районы бассейна характеризуются формированием излучин (в том числе в рукавах раздвоенного русла на Амгуни) и прямолинейного неразветвленного.

Оценка условий формирования русел разных типов выполнена на основе метода *QI*-диаграмм, заключающегося в анализе расположения точек, соответствующих тому или иному типу русла в зависимости от мощности потока, определяемой водоносностью реки и ее уклоном. На координатных осях таких диаграмм нанесены значения расхода воды и уклона (русла или дна долины). Этот подход, впервые примененный Л. Леопольдом и М. Вольманом [27], развит отечественными учеными [1, 2, 18, 23]. На рис. 3, А представлена *QI*-диаграмма для рек российской части бассейна Амура, отражающая региональный характер условий формирования того или иного морфодинамического типа русла.

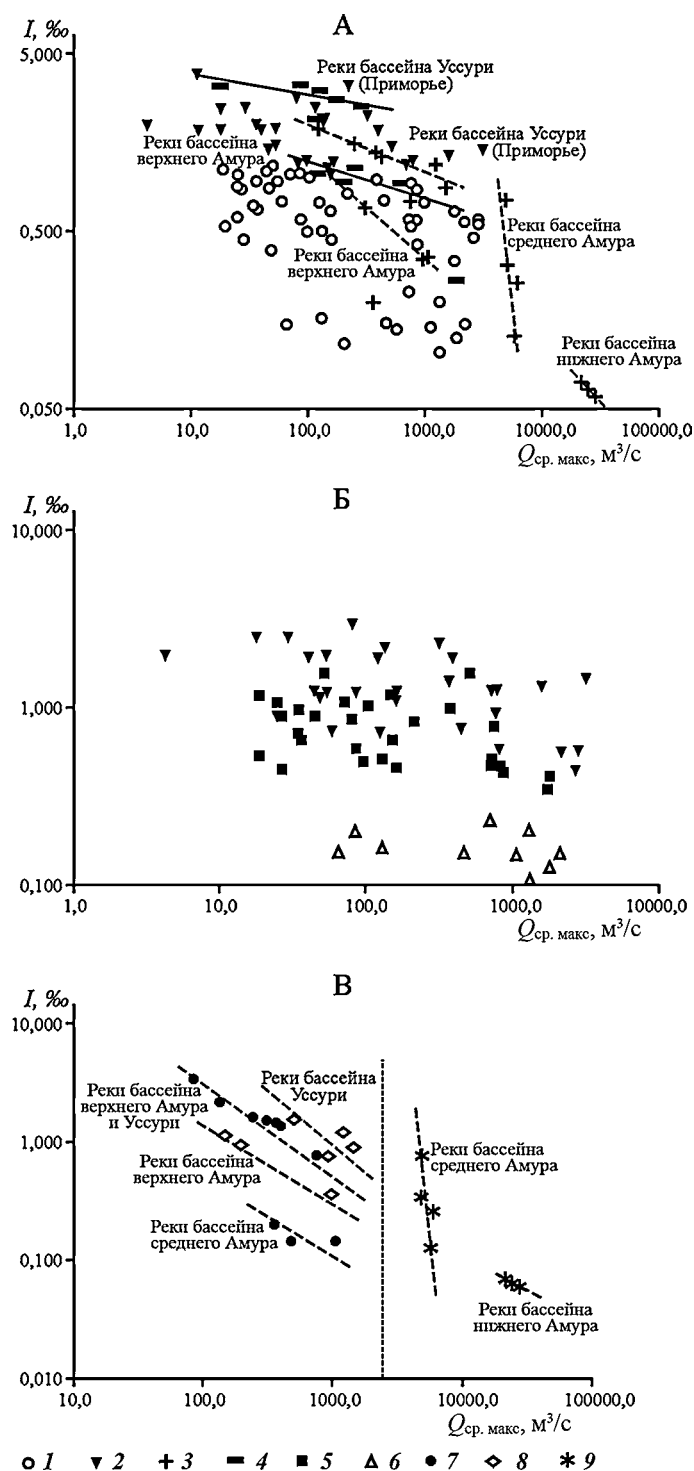


Рис. 3. QI -диаграммы для русел рек бассейна Амура: А — общая для русел всех морфодинамических типов; Б — для меандрирующих русел; В — для разветвленных русел

1 — свободные излучины (все типы); 2 — врезанные и адаптированные излучины; 3 — разветвленное русло (все типы); 4 — прямолинейное русло; 5—6 — излучины: 5 — сегментные и омегавидные, 6 — прорванные и заваленные; 7—8 — разветвления: 7 — пойменные ответвления меандрирующих и прямолинейных русел, 8 — одиночные и односторонние разветвления; 9 — сложные разновидности

Относительно прямолинейные неразветвленные и разветвленные русла рек бассейна Уссури (Приморье) занимают самое верхнее положение в поле графика.

Их формирование определяется большим уклоном дна долины: гидропосты на этих реках в основном расположены в верхнем течении притоков Уссури, берущих начало на склонах Сихотэ-Алиня, а также в верхнем и среднем течении р. Уссури. Ниже на диаграмме расположены точки, соответствующие участкам рек бассейна верхнего Амура; они характеризуются достаточно высокими значениями уклона (до 1,2‰); среднемаксимальный расход воды не превышает 1500 м³/с. Точки, относящиеся к разветвленным участкам рек бассейна среднего Амура, занимают правую часть графика. Это крупные реки региона — Зея, Бурей, Селемджа в их среднем и нижнем течении, среднемаксимальный расход воды здесь большой (7000 м³/с). Как следует из анализа диаграммы, здесь большее влияние на образование морфодинамического типа русла (в данном случае — разветвленного на рукава) оказывает именно водность реки, а не уклон.

Особое место в поле диаграммы занимают точки, соответствующие разветвленному руслу в нижнем течении Амура (гидропосты Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Богородское). Их положение вместе с точками разветвленных русел Приморья, бассейна среднего и верхнего Амура отвечает общим закономерностям, установленным ранее [2, 18, 23, 24]. На больших реках решающую роль в формировании морфодинамического типа русла играет значительный расход воды (>15 000 м³/с) или большой уклон дна долины, что обуславливает развитие сложных разветвлений — разбросанных, сопряженных, пойменно-руслowych, часто сопровождающихся пойменной многорукавностью; реки с меньшей водоносностью свободно меандрируют (соответствующие им точки расположены в левой нижней части диаграммы).

Для более детального анализа условий формирования разновидностей разветвленных и извилистых русел построены QI -диаграммы для разных частей бассейна, отличающихся по природным условиям и водному режиму (рис. 3, Б). Излучины образуются при всех диапазонах уклона и среднемаксимального расхода воды. При этом точки, соответствующие вынужденным и адаптированным излучинам, занимают верхнюю часть диаграммы — эти излучины формируются на горных и полугорных реках (Ингода, Шилка, верхнее течение Уссури, Хор, Бикин). Ниже в поле QI -диаграммы расположены точки, относящиеся к свободным излучинам, характеризующимся меньшим уклоном дна долины при таких же величинах среднемаксимального расхода воды. При этом дифференциация разновидностей свободных излучин в поле диаграммы не проявляется, так как они представляют собой стадии развития излучин, а не самостоятельный тип излучин, и, следовательно, не связаны с мощностью потока. Прорванные и заваленные излучины формируются при самых малых значениях уклона дна долины и большом диапазоне среднемаксимального расхода воды. Прорванные излучины встречаются на реках, для которых характерны паводки, соответству-

ющие прохождению Q_{ϕ} верхнего интервала (при затопленной пойме).

Разветвленные русла образуют вторую по распространенности группу рек. Неоднократно [1, 7, 13, 22–24] показано, что для разветвленных русел характерна самая большая удельная мощность потока. На реках бассейна Амура (рис. 3, В) разветвленные русла объединены в три большие группы — одиночные и односторонние, сложные (включающие сопряженные, разбросанные, параллельно-рукавные, раздвоенные и др.) и участки неразветвленных русел, но осложненные ответвлениями, которые расчлениают пойму на отдельные массивы (пойменная многорукавность). На QI -диаграмме прослеживается четкая дифференциация разветвлений по степени сложности — левую ее часть занимают точки, соответствующие простым (одиночным и односторонним) разветвлениям и участкам, которые осложнены пойменной многорукавностью; правая часть поля графика занята точками, соответствующими сложным разветвлениям (наибольшая мощность потока).

QI -диаграмма, кроме того, позволяет выявить региональность условий формирования морфодинамического типа. Малые и средние реки бассейна Уссури характеризуются наличием одиночных и односторонних разветвлений — точки расположены в верхней части диаграммы. Одиночные и односторонние разветвления на реках бассейна верхнего Амура в поле диаграммы расположены ниже. Точки, соответствующие участкам меандрирующих и прямолинейных русел с пойменными ответвлениями, на реках бассейна Среднего Амура находятся в нижней левой части поля QI -диаграммы. Это равнинные реки с малым уклоном дна долины и большим среднемаксимальным расходом воды (до 1500 м³/с); для рек характерен Q_{ϕ} , проходящий при затопленной пойме.

Правую часть диаграммы занимают точки, соответствующие сложным разветвлениям на Амуре и его больших притоках. Их положение полностью отвечает утверждению о соответствии таких типов русла самым большим значениям мощности потока [7, 13, 23]. Сложные разветвления формируются на крупных и крупнейших реках региона — Зее, Буре, Тунгуске, Селенге, Уссури, Амуре, в основном в нижнем их течении и в узлах слияния с притоками. Максимальные величины мощности потока достигаются почти исключительно за счет больших значений среднемаксимального расхода воды — от 5000 до 28 000 м³/с.

Гидролого-морфологические зависимости, связывающие параметры форм русла со среднемаксимальным расходом воды $Q_{\max}$, также имеют ярко выраженный региональный характер. Зависимости, построенные для извилистых русел, имеют вид $x = f(Q_{\max})$, где x — радиус кривизны (r) либо шаг излучины (L). Коэффициенты в уравнениях связи отражают особенности гидрологического режима рек. Один из факторов, влияющих на характер зависимости, — внутригодовое распределение стока. Поэтому его значение закономерно растет по направлению с запада на восток

по мере увеличения доли летнего паводочного периода и мощности летних паводков в общей доле максимального стока (табл. 2). Аналогичные соотношения получены для суммарной (с островами) ширины русла в разветвлениях b_p и безразмерного параметра v_o/v_p (v_o — ширина острова).

Таблица 2

Значения коэффициентов в уравнениях регрессии зависимости $r = f(Q_{\max})$

Регион	Тип излучин	$R = aQ_{\max} + c$		
		коэффициент корреляции	a	c
Бассейн р. Уссури	1	0,76	0,003	0,153
	2	0,98	0,002	0,059
	3	0,99	0,001	0,004
Среднее и Нижнее Приамурье	1	0,95	0,0009	0,009
	2	0,83	0,0007	0,032
	3	0,99	0,0006	0,209
Верхнее Приамурье	1	0,96	0,0006	0,106

Примечания. Типы излучин: 1 — сегментные, 2 — омеговидные, 3 — прорванные, заваленные.

Выводы:

— результаты исследования факторов и условий формирования русел рек бассейна Амура отчетливо выявляют закономерное изменение их на территории бассейна, вытянутого вдоль магистральной реки Амур в направлении с запада на восток;

— смена резкоконтинентального климата муссонным обуславливает изменение стока наносов, руслоформирующих расходов воды и как следствие — особенности развития русел различных морфодинамических типов, в частности преобладание в восточной части бассейна разветвленных русел и вне зависимости от типа русла — пойменных ответвлений, на меандрирующих реках — прорванных излучин. На это накладывается влияние рельефа, осложняющего картину распределения в бассейне типов русел и смену врезания рек направленной аккумуляцией наносов на равнинной части бассейна и на большей части нижнего Приамурья;

— отмеченные пространственные закономерности подтверждаются изменениями QI -диаграмм, построенных для разных частей бассейна с запада на восток — по мере увеличения продолжительности и интенсивности многоводного периода увеличивается число разветвлений и усложняются разветвленные типы русел, а также многообразие меандрирующих русел;

— выявленные закономерности следует учитывать при водохозяйственном, транспортном и других видах использования рек, прокладке через реки коммуникаций и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабян А.М. Типы русел равнинных рек и факторы их формирования // Геоморфология. 1992. № 4. С. 37—42.
2. Антроповский В.И. Связь типов руслового процесса с определяющими факторами // Тр. ГГИ. 1970. Вып. 183. С. 70—80.
3. Борщенко Е.В. Вертикальные русловые деформации на реках бассейна Амура // Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. М., 2011. С. 61—68.
4. Борщенко Е.В., Завадский А.С., Иванов В.В. и др. Условия формирования русел рек бассейна Амура и их морфодинамические типы // Эрозия почв и русловые процессы. 2010. № 17. С. 129—150.
5. Борщенко Е.В., Чалов Р.С. Руслоформирующие расходы воды и морфодинамика русел рек бассейна Амура // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 90—99.
6. Борщенко Е.В., Чалов Р.С. Региональный анализ условий формирования русел разных морфодинамических типов (на примере рек российской части бассейна Амура) // Геоморфология. 2011. № 1. С. 30—37.
7. Великанов М.А. Русловой процесс. М.: Госфизматиздат, 1958. 395 с.
8. Водный режим рек России и сопредельных стран территорий. Карта масштаба 1:8 000 000. Новосибирск: Роскартография, 2001. 2 л.
9. Гарицман Б.И. Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценка рисков. Владивосток: Дальнаука, 2008. 223 с.
10. Гусев М.Н. Морфодинамика днища долины верхнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2002. 232 с.
11. Иванов В.В., Махинов А.Н., Чалов Р.С., Чернов А.В. Вертикальные русловые деформации на Среднем Амуре // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2000. № 5. С. 32—37.
12. Косицкий А.Г., Носань В.В. Пространственные закономерности изменения стока рек в российской части бассейна Амура // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 3. С. 64—68.
13. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
14. Махинов А.Н., Чалов Р.С., Чернов А.В. Направленная аккумуляция наносов и морфология русел нижнего Амура // Геоморфология. 1987. № 2. С. 12—20.
15. Некос С.В., Чалов Р.С. Сток наносов и условия формирования русел на реках бассейна Дона // Геоморфология. 1997. № 2. С. 60—71.
16. Никольская В.В. Морфоскульптура бассейна Амура. М.: Наука, 1972. 296 с.
17. Резников П.Н., Чалов Р.С. Сток наносов и условия формирования русел на реках бассейна Северной Двины // Геоморфология. 2005. № 2. С. 73—85.
18. Ромашин В.В. Типы руслового процесса в связи с определяющими факторами // Тр. ГГИ. 1968. Вып. 155. С. 56—83.
19. Русловой режим рек Северной Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. 336 с.
20. Русловые процессы на реках Алтайского региона. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 244 с.
21. Христофоров А.В., Юмина Н.М., Белякова П.А., Носань В.В. Оценка водного стока рек бассейна Амура // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5. С. 63—69.
22. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1979. 232 с.
23. 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.
24. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: КРАССАНД, 2011. 960 с.
25. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2004. 371 с.
26. Чалов Р.С., Штанкова Н.Н. Сток наносов, доля стока влекомых наносов в нем и их отражение в формах проявления русловых процессов на реках бассейна Волги // Тр. АВН. 2003. Вып. 9. С. 195—205.
27. Leopold L.B., Wolman M.G. River-channel patterns: braided, meandering and straight // U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 1957. N 282-B. P. 1—85.

Поступила в редакцию
???

E.V. Borshchenko, R.S. Chalov

SPECIFIC FEATURES OF FORMATION AND THE HYDROLOGICAL DESCRIPTION OF RIVER CHANNELS IN THE AMUR RIVER BASIN

Regular spatial changes of river channel factors, conditions of channel formation and consequent distribution of different morphodynamic types of river channel in the Russian part of the Amur River basin are analyzed (in the eastward direction). Regional differences in channel-forming water discharge governed by water regime and sediment flow are revealed. The role of flow power in the formation of channels of different morphodynamic types is discussed, as well as the influence of topography and the shift from river incision to sediment accumulation in the plain areas of the basin and the most of the Lower Amur River area.

Key words: channel processes, morphodynamics of river channels, channel-forming water discharge, Russian part of the Amur River basin.