

Для сохранения пляжей на обозначенных проблемных участках необходима подсыпка галечного материала в объеме дефицита. Дефицит вследствие выноса вдоль берега на участках 1 и 3 составляет соответственно $60 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{год}^{-1}$ и $25 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{год}^{-1}$. Дефицит вследствие ухода материала в каньоны оценивается как $26\text{--}27 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{год}^{-1}$. Следовательно, потребуется подсыпать около $90 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{год}^{-1}$ на участке 1 и около $50 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{год}^{-1}$ на участке 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев И.О. Влияние порта на динамику Имеретинского берега // Int. Journ. for Computational Civil and Struct. Engineering. 2011. V. 7. Issue 2. P. 85–89.
2. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей // Российский морской регистр судоходства / Л.И. Лопатухин, А.В. Бухановский, С.В. Иванов, Е.С. Чернышева. 2006. 452 с.
3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001. 272 с.
4. Пешков В.М. Галечные пляжи непривливых морей. Основные проблемы теории и практики. Краснодар: Эд Арт Принт, 2005. 444 с.

Ин-т океанологии РАН

Поступила в редакцию
10.05.2012

MODELING THE COAST DYNAMICS OF THE IMERETINSKAYA LOWLAND

I.O. LEONT'YEV

Summary

It is shown that the coastline near the canyon Novyi is characterized by a rapid recession (about 7 m/y). Simultaneously the coast prominence at Cape Konstantinovskiy is truncated (4 m/y), and the eroded material is mainly transported into adjacent canyons. At the east ledges of the canyons Novyi and Konstantinovskiy the wave refraction leads to the energy concentration and the increase of longshore drift capacity. Because of intensive incision the drift of deposits will after sometime run out. In order to save the beaches a pebble material should be placed into eroded coast sections (90 and $50 \text{ м}^3\text{м}^{-1}\text{y}^{-1}$, respectively).

УДК 551.435.1:551.438.5:625.74(282.251.2)

© 2013 г. П.Н. РЕЗНИКОВ

ДЕФОРМАЦИИ РУСЕЛ ПОЛУГОРНЫХ РЕК В МЕСТАХ МОСТОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ РЕК ВОСТОЧНОЙ ХАНДЫГИ И АБАКАНА)

Постановка проблемы

Потребность в прогнозе русловых деформаций возникает при проектировании любых инженерных сооружений на реках, в том числе мостовых переходов, и отражена в многочисленных нормативных документах, содержащих методики их прогноза и учета [1–4]. Однако на практике при проектировании часто возникают сложности, связанные с недостаточной изученностью пересекаемых рек, пробелами в нормативных методиках или недостатком квалификации тех, кто этот прогноз должен осуществлять. В частности, трудности вызывает прогноз деформаций русел рек, формирующихся в условиях горного или предгорного рельефа.

При проектировании мостов основное внимание уделяется прогнозу деформаций, которые вызовет само сооружение (общий и местный подмостовой размыв), и в меньшей степени учитываются естественные русловые деформации. Русло рассматривается как неизменное, стабильное, пассивное. Это проявляется, в том числе, в том, что наиболее распространенная в настоящее время методика расчетов отверстий мостов [4] разработана для рек в равнинных условиях, с относительно устойчивым руслом, деформации которых протекают обычно не очень интенсивно и имеют принципиально иной характер, чем русловые деформации горных и полугорных рек.

Горные реки отличаются от равнинных прежде всего гидравлическим режимом. В качестве критерия перехода от равнинных рек к горным можно использовать величину критического уклона $I_{кр}$ [5, 6]: на равнинных реках уклоны не превышают критического, течение спокойное; на горных уклоны выше критического, течение бурное. Полугорные реки обладают переменным характером течения при смене фаз водного режима, имея спокойное течение в межень и бурное в паводок. Горные и полугорные реки обладают значительно большей, чем равнинные реки, транспортирующей способностью при равных объемах водного стока, большей кинетической (при значительных уклонах и скоростях течения) и потенциальной (определяемой их высотным положением) энергией. При этом в горах и предгорьях разнообразные склоновые процессы на водосборе и на склонах долин обеспечивают обильное поступление обломочного материала в их русла. В результате для таких рек характерна значительно большая динамика русловой системы.

Наиболее распространенный и закрепленный в основных нормативных документах в сфере строительства метод прогноза русловых деформаций основан на гидроморфологической теории руслового процесса и соответствующей типизации русловых процессов, разработанной в Государственном гидрологическом институте (ГГИ). Первый вариант этой типизации был предложен И.В. Поповым [7], в дальнейшем она была развита во многих публикациях сотрудников ГГИ. В наиболее завершенном виде она была опубликована в 1982 г. в монографии [8]. Однако сами авторы оговариваются, что предлагаемая ими типизация “не может претендовать ни на всеобщую исчерпываемость, ни на непогрешимость” [8, с. 56]. При ее разработке использовались в основном материалы исследований по равнинным рекам СССР, что безусловно ограничивает ее применимость. Русловые процессы на горных и полугорных реках в этой типизации отсутствуют.

Таким образом, хотя в нормативной и методической литературе и постулируется необходимость учета “типа руслового процесса” при проектировании, возможность такого учета существует не всегда, поскольку “стандартные” методики прогноза русловых деформаций на горных и полугорных реках неприменимы. Поэтому нередки случаи, когда при проектировании или совсем не учитываются горизонтальные русловые деформации, или делается попытка “подогнать” реку под один из “типов руслового процесса” нормативной типизации, несмотря на явное несоответствие имеющих место на реке русловых переформирований описанным в нормативных документах схемам деформации. В качестве примера, демонстрирующего сложности, возникающие при прогнозе русловых деформаций на полугорных реках, можно привести реки Восточную Хандыгу и Абакан.

Восточная Хандыга

Река Восточная Хандыга – правобережный приток Алдана, берет начало на западных склонах хр. Сунтар-Хаята. Почти на всем протяжении она имеет характер горной реки. В нижнем течении она становится полугорной. Площадь водосбора реки в створе проектируемого мостового перехода составляет – 9920 км².

Стационарные гидрологические наблюдения на р. Восточной Хандыге не проводятся, в гидрологическом отношении река не изучена. Основные гидрологические характеристики были получены методом гидрологической аналогии. Максимальные

Таблица 1

Максимальные расчетные расходы воды р. Восточная Хандыга

Вероятность превышения, %	1	2	3	5	10	25
Расход, м ³ /с	4420	3840	3540	3090	2470	1770

Таблица 2

Гранулометрический состав руслового аллювия р. Восточной Хандыги в створе проектируемого мостового перехода (по данным ОАО “Иркутскгипродорнии”)

Размер ячейки сита, мм	200	70	40	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	<0.05
Количество частиц, %	10	2.7	28	20.2	11.1	6.7	4.3	1.6	2	3.5	3.4	1.1	5.4

расчетные расходы воды различных вероятностей, полученные по редуccionной формуле [9], приведены в табл. 1.

Исследуемый участок расположен в низовьях реки, в 7 км выше места впадения в р. Алдан. Уклон в створе перехода составляет 1.85 ‰, ширина основного русла около 150 м, ширина долины около 9 км. Русло на всей ширине сложено галечным аллювием, данные по гранулометрическому составу частиц руслового аллювия представлены в табл. 2, средневзвешенный диаметр 53.5 мм.

Морфологически русло представлено пойменно-русловыми разветвлениями [10]. Коэффициент разветвленности русла $S = \Sigma l / B_p$ (здесь B_p – ширина русловой зоны между внешними берегами крайних протоков, Σl – суммарная ширина русла и протоков) равен для участка перехода 0.18. Зона активного перемещения наносов в период повышенной водности имеет ширину 500–700 м; здесь расположены обширные прирусловые отмели (побочни, осередки), занимающие более 50% ширины меженного русла (рис. 1).

На участке расположения строящегося мостового перехода происходят интенсивные горизонтальные русловые деформации. Сопоставление космических снимков, выполненных в июне 2006 г. и в августе 2010 г., показало, что перемещение русла за этот период в створе мостового перехода составило 200 м, т.е. превысило меженную ширину основного русла (рис. 2). За паводочный период 2010 г. на участке непосредственно выше мостового перехода отступление левого берега достигло 30 м. При этом угол пересечения оси мостового перехода и меженного русла изменился с 90° до 35°, что должно оказать сильное влияние на безопасность мостового перехода.

Характер водного режима реки, частые резкие подъемы и спады уровней и вызванные ими скачкообразные изменения направления динамической оси потока приводят к расширению русла, снижению его устойчивости. Русло реки распластано, что выражено в такой морфометрической характеристике как относительная ширина русла B/h (где B – ширина, h – глубина потока в м), которая составляет примерно 110.

При проектировании мостового перехода динамика планового положения русла, т.е. горизонтальные русловые деформации, не были учтены. Обширные прирусловые отмели, по сути, являющиеся частью паводкового русла реки, были расценены как пойменные массивы, слабо подверженные деформациям. В результате береговые опоры моста, которые должны сооружаться на устойчивых участках поймы, были запроектированы на динамичных, не закрепленных растительностью прирусловых отмелях

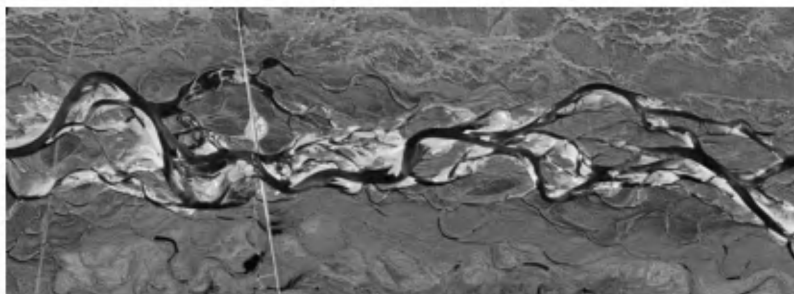


Рис. 1. Космоснимок участка р. Восточная Хандыга (течение справа налево)

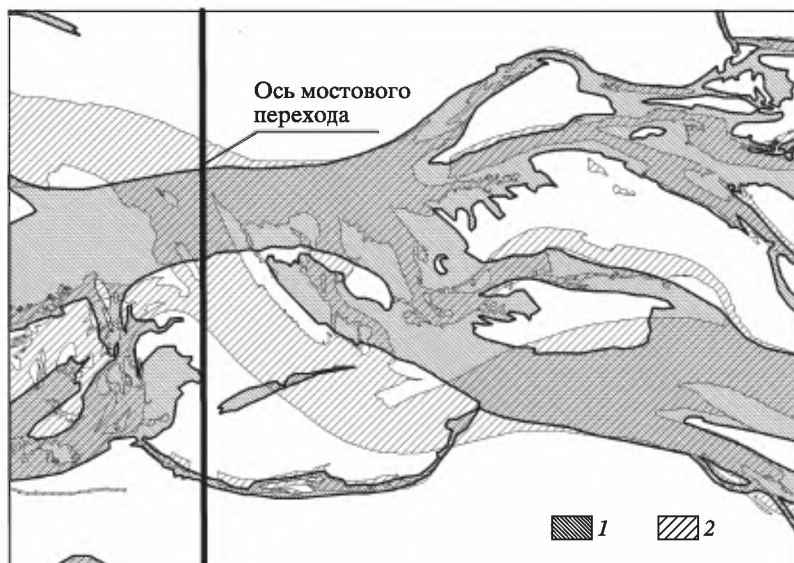


Рис. 2. Изменение положения русла р. Восточная Хандыга за период с 02.06.2006 по 11.08.2010 (течение справа налево)
Положение русла: 1 – 02.06.2006 г., 2 – 11.08.2012 г.

(побочиях). Отверстие моста, таким образом, оказалось меньше зоны активных русловых деформаций, что может привести к авариям и увеличит стоимость эксплуатации сооружения.

Абакан

Другим примером реки, русловой анализ и прогноз русловых деформаций на которой представляет трудную задачу, может служить Абакан в Хакасии. В отличие от Восточной Хандыги, эта река хорошо изучена, на ней есть несколько гидрологических постов (табл. 3), ряды наблюдений за стоком насчитывают несколько десятилетий. Для расчета гидрологических характеристик р. Абакан были выбраны два наиболее близко расположенные к месту нахождения восстанавливаемого мостового перехода действующих поста: в г. Абаза и улусе Райков. Первый расположен в предгорной части бассейна р. Абакан; улус Райков находится ниже по течению. В г. Абаза наблюдения ведутся с 1937 г., в улусе Райков – с 1953 г. по настоящее время.

Река образуется слиянием Большого Абакана и Малого Абакана, берущих начало на северных склонах Западного Саяна и Алтайских гор. Впадает в Енисей в верхней

Гидрологические посты на реке Абакан

Наименование	Год		Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²
	открытия	закрытия		
р. Абакан – з. Усть-Кизас	1964	1993	287	8300
р. Абакан – г. Абаза	1908, 1951	действует	200	14400
р. Абакан – пос. Райков	1953	действует	38	31300
р. Абакан – г. Абакан	1908	действует	2.4	32000

части зоны переменного подпора Красноярского водохранилища у подножия горы Самохвал. Длина реки 514 км, площадь водосбора 32000 км².

В верхнем течении Абакан – горная река, текущая по дну узкой залесенной долины, русло порожиисто-водопадное; после впадения Таштыпа у с. Большой Монок долина резко расширяется, переходя в Хакасско-Минусинскую котловину. Здесь русло Абакана разбивается на многочисленные рукава, формирует острова, отмели и косы.

Для режима реки характерны: весеннее половодье, летние паводки и довольно низкое стояние уровней в осенний период, постепенно понижающихся к наступлению ледостава. Весной и летом проходит до 85–88% годового стока реки, на зиму приходится 4–5%.

Исследуемый участок р. Абакан расположен на расстоянии 98 км от ее устья. Площадь водосбора 26300 км². Общая ширина поймы в створе около 3 км, поверхность ее изрезана протоками и староречьями. Ширина долины около 10 км. Ширина правой поймы в створе моста 0.8 км, левой – 1.8 км.

Русло Абакана гравийно-галечное, местами галечно-валунное; средняя крупность аллювия – 19.7 мм. Средний уклон реки на прилегающем к мосту участке в паводок – 1.2‰. Ширина главного русла в межень около 200 м, “паводкового русла” – более 600 м. Глубина на плесах в межень до 2.0–2.5 м, амплитуда колебаний уровня – около 5 м. Берега реки подмываемые, обрывистые, поросшие кустарником, их бровки возвышаются над меженным урезом на 2–3 м. Выше и ниже мостового перехода русло делится островами и осередками на рукава.

На разных участках р. Абакан встречаются различные морфодинамические типы русла. В верхнем течении, выше г. Абаза, река собрана в едином русле, имеются только одиночные разветвления, не образующие протяженных однородных по типу русла участков. Обычно они приурочены к впадению крупных притоков. Русло извилистое, но излучины в основном вынужденные или врезанные, их параметры – степень развитости, радиус кривизны – изменяются случайным образом, вне зависимости от водности реки и также не формируют однородного по типу русла участка. Река течет в горах, в русле развиты разнообразные русловые формы – побочни, осередки. Русло на этом участке р. Абакан можно отнести к горному типу с развитыми аллювиальными формами [10].

Примерно в 30 км ниже г. Абаза р. Абакан выходит из предгорий в Минусинскую котловину с более пологим рельефом; пойма значительно расширяется, река распадается на многочисленные рукава, формируя разветвленное широкопойменное русло, русло становится разбросанным (по ГГИ относится к пойменной многорукавности [7, 8]), характеризуясь наличием многочисленных протоков и рукавов и невыраженностью среди них основного (по водности) рукава. При этом имеется сеть мелких пойменных протоков, функционирующих только в периоды повышенной водности. В остальное время функционируют 1–2 основных рукава. Эти рукава сравнимы по водности, разделены значительными участками поймы и развиваются независимо друг от друга. Этот тип русла напоминает “параллельно-рукавные” участки разветвленного русла, формирующиеся на некоторых реках, например в низовьях р. Северная Двина.

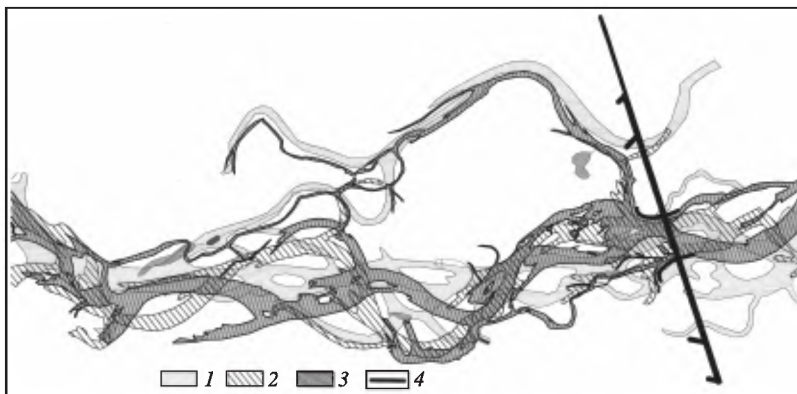


Рис. 3. Положение русла р. Абакан

1 – в 1941 г., 2 – в 1983 г., 3 – 11.05.2011 г.; 4 – мост и насыпь железной дороги

На участке русла, где расположен мостовой переход, происходят интенсивные русловые деформации. Частично они являются природными и обусловлены естественным развитием русла реки Абакан, частично вызваны воздействием самого перехода, а также мероприятиями по его аварийному восстановлению.

Основная часть паводочного стока р. Абакан в естественных условиях, то есть до постройки моста, проходила по двум основным рукавам – правому, соответствующему современному руслу, и крупной Койбальской протоке. Сток, через небольшие, но многочисленные пойменные протоки был, вероятно, значительно меньше, как и на близлежащих к мосту участках. Точно установить какая доля стока пропускается поймой при отсутствии стоковых наблюдений вблизи мостового перехода затруднительно, но по приблизительным оценкам суммарный расход Койбальской протоки и малых пойменных проток составлял до пятидесяти процентов общего расхода Абакана.

По имеющейся топографической карте, датированной 1941 г., было определено положение русла на этот момент (рис. 3). Анализ материалов позволяет предположить, что до постройки моста на Абакане на участке расположения мостового перехода преобладала пойменно-русловая многорукость. Основное русло изобиловало осередками, при этом пойма шириной от 3 до 6 км была изрезана небольшими протоками. В левой части долины, на расстоянии 3 км от основного русла была расположена Койбальская протока, на момент постройки моста значительно уступавшая по водности основному руслу и имевшая ширину менее 100 м.

Сооружение мостового перехода привело к существенным изменениям руслового режима реки на данном участке. Насыпью железной дороги была полностью перекрыта пойма. Койбальская протока была пересыпана и направлена в основное русло выше моста. Ширина отверстия моста не превосходит ширины бытового русла, если включать в эту ширину обсыхающие в межень прирусловые отмели. Таким образом, часть максимального расхода, пропускавшаяся поймой, и составлявшая, по приблизительным оценкам, около 50% суммарного расхода, сконцентрировалась в стесненном русле.

В результате мостовой переход при пропуске высоких паводочных вод формирует подпор, расчетная высота которого для вероятности превышения 1% составляет 0.9 м, что приводит к снижению уклонов водной поверхности и скоростей течения, а, следовательно, и транспортирующей способности потока выше перехода, вызывая отложение наносов. Подобная трансформация стока привела к морфологическим изменениям в русле: на данном участке вместо разветвленного стало формироваться меандрирующее русло. После постройки моста смещение русла в вершинах излучин составило около 250 м. Коэффициент извилистости основного русла увеличился со значения 1.15,



Рис. 4. Аэрофотоснимок участка р. Абакан вблизи мостового перехода (течение снизу вверх)

характерного для относительно прямолинейных русел, до величины 1.45, характерной для развитых сегментных излучин. Развитие излучин привело к интенсивным размывам берегов в их вершинах. В дальнейшем местами произошло спрямление излучин (по типу незавершенного меандрирования по ГГИ [7, 8] или формирование прорванных излучин по Р.С. Чалову [10]), коэффициент извилистости русла на участке выше мостового перехода в настоящее время составляет 1.27.

Предмостовой подпор привел к отложению наносов в русле реки выше оголовков струенаправляющих дамб и формированию осередка. Непосредственно выше моста сформировался побочень, что усилило размыв левого берега реки на этом участке (рис. 4). Смещение побочня вдоль правого берега в створ мостового перехода привело к переходу максимальных глубин в область между опорами 3 и 6. Участок между опорами 6 и 10, где по проекту располагалось основное русло, и были запроектированы более заглубленные русловые опоры, оказался перекрыт наносами.

Анализ современного состояния пойменно-русловой системы на мостовом переходе показывает, что оборудованные при сооружении моста регуляционные сооружения (струенаправляющие дамбы, траверсы вдоль насыпи железной дороги) функционируют неправильно. В частности, левобережная струенаправляющая дамба сделана слишком короткой, что привело к тому, что часть стока, проходящая по пересыпанной насыпью Койбальской левобережной протоке стала, перемещаясь вдоль насыпи, “ударять” в дамбу с тыловой стороны, размывая дно у ее оголовка.

Проблемы применения типизации

Выбор метода прогноза русловых деформаций зависит в первую очередь от того, к какому типу относится исследуемый участок русла. Обобщая приведенные примеры, следует отметить, что при рассмотрении конкретной реки однозначное отнесение исследуемого участка к тому или иному “типу руслового процесса” (по ГГИ [7, 8]) часто затруднительно и субъективно. Руслу обеих рассмотренных рек имеют признаки следующих типов руслового процесса: побочного типа, русловой многорукавности (осередкового типа), незавершенного меандрирования и пойменной многорукавности. Таким образом, нарушается важнейший принцип любой классификации: члены классификации должны взаимно исключать друг друга. Попытаемся определить причины такого взаимопересечения различных типов руслового процесса.

Одной из вероятных причин является разномасштабность, “разноуровневость” выделяемых типов. Так, побочни, ленточные гряды – “мезоформы” (в терминологии ГГИ), крупные формы руслового рельефа, в то время как излучины свободного и незавершенного меандрирования – уже “макроформы”, формы русла. Разветвления русел при пойменной многорукавности – еще более высокий уровень иерархии речных систем. Наличие в описаниях рассматриваемых рек признаков нескольких “типов руслового процесса” означает наложение нескольких различных процессов, протекающих каждый на своем структурном уровне. Формирование излучин или островов (разветвлений) в русле не означает прекращения движения донных гряд различного порядка, поскольку это движение является основным механизмом транспорта руслообразующих наносов. Существование протяженных и удаленных от основного русла пойменных протоков не означает, что каждая из них не может меандрировать или формировать разветвления меньшего масштаба.

Пойменно-русовая система представляет собой иерархию вложенных друг в друга разномасштабных процессов; при этом различные уровни, хотя и оказывают друг на друга влияние, в определенной степени независимы (принцип дискретности русловых процессов [8, 10]). Каждому такому структурному уровню присущи свои закономерности, каждый определяется своим набором ведущих факторов, своим пространственно-временным масштабом. Это понятие об иерархичности пойменно-русовых систем, безусловно, должно быть отражено в методической и нормативной литературе.

Другой причиной наличия в одном русле признаков различных типов русла является “континуальность” типов руслового процесса [10] и отсутствие четких количественных критериев их выделения. В целях более объективного отнесения реки к тому или иному типу можно использовать, например, критерий Б.Ф. Сущенко [2, 8], или метод, предложенный Леополдом и Уолменом [11], состоящий в построении диаграммы, где русла разных типов расположены в координатах расход Q – уклон I . В качестве характерного расхода может быть выбран средний из максимальных, в качестве характерного уклона – уклон дна речной долины или уклон реки на достаточно протяженном участке. При равном расходе меандрирующие русла рек имеют меньшие уклоны, немеандрирующие (разветвленные и относительно прямолинейные неразветвленные) – большие. Существует некоторый граничный уклон между этими типами русел, своеобразный “критический уклон меандрирования” [10]. Точки, соответствующие горным и полугорным рекам, на такой диаграмме всегда будут расположены выше линии, ограничивающей зону меандрирования.

Еще одной причиной наблюдаемого смещения признаков различных типов русел может быть временная изменчивость состояния пойменно-русовой системы, т.е. направленный характер происходящих в русле деформаций. Гидроморфологическая теория, лежащая в основе типизации ГГИ, основывается на концепции динамического равновесия и динамической устойчивости типа руслового процесса, при которой происходящие деформации являются периодическими (“обратимыми”) постоянными при неизменности внешних условий и факторов развития русловых процессов [2, 8]. Деформации русла на р. Абакан, обусловленные сооружением мостового перехода являются не периодическими, а направленными.

Заключение

Рассмотренные примеры наглядно демонстрируют потребность дорожно-строительной отрасли в повышении качества прогнозов русловых деформаций. Очевидно, что за ошибки в таких прогнозах придется дорого платить при эксплуатации дорог. Недостаточное внимание прогнозу русловых деформаций при строительстве наносит значительный экономический ущерб и сдерживает развитие этого научно-прикладного направления.

Можно провести масштабные и дорогостоящие работы в русле реки, заставив ее на некоторое время подчиняться придуманной проектировщиком схеме. Но морфодинамический тип русла – не случаен, он обусловлен всей совокупностью природных и техногенных руслоформирующих факторов и при их неизменности будет восстанавливаться со всей присущей ему динамикой русловых форм, что может привести к нарушению работы мостового перехода.

Следует отметить, что нормативная база прогнозов русловых деформаций нуждается в дальнейшем развитии, поскольку имеет существенные пробелы, восполнение которых является одной из приоритетных научных задач в области русловедения. Одним из плодотворных шагов в этом направлении автору представляется “демонополизация” нормативной документации в области русловых процессов от подавляющего господства прекрасно разработанной, но не универсальной и не единственно возможной русловой типизации ГГИ, и применение в практической инженерной деятельности и нормативных документах всего разнообразия современных научных разработок в этой области, в том числе классификации МГУ, основные подходы которой изложены в монографии [10].

Особенно нуждаются в исследовании для разработки методик прогноза русловых деформаций и экономически целесообразных подходов к строительству сооружений русловые процессы горных и полугорных рек, поскольку при проектировании мостовых переходов через такие реки нормативные методы прогноза русловых деформаций неприменимы. Для горных рек это представляется очевидным, но для рек переходных, полугорных, имеющих черты сходства с реками равнинными, высока вероятность неправомерного применения нормативных методов прогноза русловых деформаций, что может приводить к серьезным ошибкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ведомственные строительные нормы. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). ВСН 163-83. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
2. Стандарт организации. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009. СПб.: Нестор-История, 2009. 184 с.
3. Рекомендации по регулированию потока на мостовых переходах через реки с осередковым типом руслового процесса (островного типа). М.: Изд-во ЦНИИС, 1977. 18 с.
4. Пособие к СНиП 2.05.03-84 “Мосты и трубы” по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). Корпорация “Трансстрой”. ПКТИтрансстрой. М.: Изд-во ЦНИИС, 1992. 411 с.
5. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
6. Чалов Р.С. Сравнительный анализ русловых процессов на горных, полугорных и равнинных реках // География и природные ресурсы. 2008. № 1. С. 32–41.
7. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 328 с.
8. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Сниценко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
9. Строительные правила. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М.: Госстрой России, 2004. 74 с.
10. Чалов Р.С. Русловедение. География, теория, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 608 с.
11. Leopold L.B., Wolman M.G. River channel patterns – braided meandering and straight // US Geol. Surv. Prof. Paper. 1957. V. 282-B. P. 1–85.

**CHANNEL BOTTOM DEFORMATIONS ON SEMI-MOUNTAIN RIVERS AT THE
BRIDGE CONSTRUCTING SITES
(EAST HANDYGA AND ABAKAN RIVERS AS AN EXAMPLE)**

P.N. REZNIKOV

S u m m a r y

Changeable regime of semi-mountain rivers i.e. alternation of calm flow during low water and turbulent flood strongly complicates the forecasting of river bed deformations which characterized by intensive dynamics. Hazardous channel deformations near the bridge under construction over river East Handyga and near the rebuilding bridge over river Abakan are described. Errors in the forecasting channel deformations had been made earlier due to the use of the old standard methods which do not take into account the horizontal deformations of the channel.