

УДК 556.537(571.621)

ПЛАНОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РУСЕЛ РЕК СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ: ФАКТОРЫ, ИНТЕНСИВНОСТЬ, НАПРАВЛЕННОСТЬ

А.В. Аношкин

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

Рассмотрены природные факторы русловых процессов на реках Среднеамурской низменности в пределах Еврейской автономной области. Обозначены основные направления и интенсивность развития плановых деформаций излучин различного вида и стадий их развития на малых и средних водотоках данной территории.

Разнообразное использование рек требует информации о морфологии и динамике русловых форм рельефа, как в пределах локальных участков, так и на протяжении всего водотока. Этим объясняется повышенный интерес к исследованиям русловых процессов на реках, которые вместе с тем позволяют выявить зональные, региональные и местные особенности их проявления. Речные русла, подчиняясь в своем развитии законам гидравлики и являясь одновременно природными объектами, представляют собой производную совокупности взаимодействия различных физико-географических факторов.

Сочетание природных условий Среднеамурской низменности обуславливает формирование водотоков, для которых характерны значительные плановые деформации русловых форм рельефа, имеющих четко выраженный сезонный характер в течение года. Выявление особенностей развития русловых форм рельефа водотоков рассматриваемой территории актуально как с теоретической, так и с практической стороны. Работы данной направленности позволяют получить представления о формировании рельефа, и в частности о происхождении поверхностей речных долин. Решение практических задач связано с оценкой инженерно-геоморфологических условий для различных народнохозяйственных целей при освоении речных долин и территорий близь русел рек.

Таким образом, цель данной работы – определение особенностей, интенсивности и направленности плановых деформаций рек в природных условиях Среднеамурской низменности.

Представленные результаты основаны на данных, полученных автором в ходе полевых работ (2003–2009 гг.), а также опираются на опубликованные литературные, статистические и картографические издания, фондовые материалы ИКАРП ДВО РАН, Росприроднадзора по ЕАО и др.

Природные факторы русловых процессов

Региональная специфика элементов географической среды: климат и сток, геоморфологическое строение и свойства покровных пород территории, почвенно-растительный покров, современные тектонические движения и колебания отметок базиса эрозии – определяют условия формирования, характер и интенсивность развития речных русел и русловых форм рельефа. Н.И. Кон-

дратьев отметил, что «факторы, определяющие русловой процесс, неоднородны». Среди них можно выделить основные, формирующие непосредственно форму русла, и косвенные, влияющие на степень проявления этих факторов [2]. Главными факторами, определяющими формирование гидрологического режима и, как следствие, развитие пойменно-руслового комплекса, являются климатическая основа (климат) и геолого-геоморфологическая или литогенная основа (геология, литология, рельеф). Вторичной, или производной, является почвенно-растительная или биогенная, основа, которая имеет как бы подчиненное значение по сравнению с двумя первыми.

Формы руслового рельефа часто называют формами *флювиального рельефа*, тем самым подчеркивая главный фактор – течение воды. Одним из определяющих руслоформирующих факторов флювиального порядка в соответствии с принципом географической определенности морфологии русел рек, обоснованным работами Н.И. Маккавеева [7] и Р.С. Чалова [13, 15] и выделенными М.И. Львовичем [6], П.С. Кузиным и В.И. Бабкиным [3] типами рек по водному режиму, следует считать вид гидрографа реки.

Большую роль в руслоформировании играют половодные расходы воды: «Решающим фактором в формировании речного русла и его перекаатов на подавляющем большинстве рек Европейской части Союза ССР является весеннее половодье. Летние и осенние паводки имеют на этих реках второстепенное значение» [8]. «Основные черты русла определяются во время паводка, а меженные расходы в основном сглаживают формы» [11].

Транспортирующая способность потока возрастает пропорционально второй-третьей степени расхода воды. Вследствие этого среднегодовое количество твердого материала, переносимого речным потоком, при прочих равных условиях тем больше, чем не равномернее сток. Отсюда – большое значение половодий в формировании русла и поймы [8].

Прямая зависимость расхода наносов от «резкости» паводков была установлена А.Ф. Мандычем [10]. Быстрый спад паводка вызывает резкое снижение транспортирующей способности потока и, как следствие, беспорядочное накопление аллювиального материала, особен-

но в сужениях долины. В межень русловой рельеф, образованный крупным аллювиальным материалом, не переформируется.

В типовом гидрографе рек территории Еврейской автономной области (ЕАО) четко прослеживаются следующие фазы гидрологического режима: весеннее половодье, летне-осенние паводки и зимняя межень.

В формировании весеннего половодья на реках рассматриваемой территории принимают участие зимние запасы снега и атмосферные осадки в виде дождя и мокрого снега. Подъемы уровня воды во время половодья зависят от характера весны, но в среднем увеличение уровня происходит постепенно от 0,2–0,3 до 0,7–1,0 м/сут. Продолжительность подъема весеннего половодья до 15 м/сут на малых и до 30 м/сут на больших и средних реках. В данный период активизируются процессы переноса аллювиального материала на водотоках с горным характером течения воды (горные массивы окаймляющие Среднеамурскую низменность) и плановые деформации русел рек равнинной территории [1].

Спад половодья на реках данной территории по сравнению с подъемом происходит значительно быстрее. Наиболее интенсивный спад зафиксирован в первые 3–5 сут после прохождения максимума половодья и составляет до 3 м/сут. В этот период в районах разветвлений русел, а также на выпуклых берегах рек отмечено формирование скоплений аллювиального материала, имеющих неправильную форму. Эти формы сохраняются вплоть до осенних паводков.

Второй фазой водного режима рек, наиболее значимой для условий территории Среднеамурской низменности, являются дождевые паводки. Они представляют собой хорошо выраженные подъемы воды в виде одиночных или многопериодами с относительно низкими уровнями продолжительностью до 10 сут, иногда и более. Средний объем стока паводочного периода превышает 60 % годовых его значений и именно на этот период приходится основная интенсивность русловых переформирований. В своих работах В.Г. Лебедев отмечал [5]: «... Во время паводка эрозионная деятельность потока достигает своего максимума и происходит наибольший подмыв выпуклого берега в излучине. В это же время происходит передвижение наибольшего количества наносов как взвешенных, так и путем донного волочения».

Так по данным С.П. Кузьменко и М.А. Бакши [4], в паводки вогнутые берега рр. Бира и Малая Бира размываются до 3–4 м всего за 56 дней. Соответственно, на выпуклых берегах отлагается огромное количество аллювиального материала.

Зимняя межень на реках – наиболее длинная по продолжительности и в то же время маловодная фаза водного режима. Она наблюдается обычно в ноябре, с момента установления ледостава, до апреля. Ледостав на большинстве рек обычно начинается в конце октября – начале ноября. Осенний ледоход длится 7–20 дней. Ледостав на реках устанавливается в 1–2 декадах ноября, продолжительность замерзания 10–12 суток. В этот период малые и абсолютное большинство средних рек промерзают до дна, а остальные водотоки характеризуются устой-

чивым уровнем и минимальным в году стоком, вследствие этого развитие и переформирование русел рек в данную фазу водного режима практически прекращаются.

Таким образом, особенности формирования и развития русел рек Среднеамурской низменности определяются значительной неравномерностью стока в течение года, обуславливая сезонность русловых переформирований как общего характера, так и локального проявления.

Вторая группа факторов, определяющих формирование и развитие русел рек, – это факторы нефлювиального порядка, хотя применение термина «нефлювиальный» в данном случае несколько условно, так как фактор имеет флювиально-нефлювиальную природу. Некоторой объединяющей основой нефлювиальных факторов выступает деформирующее, разрушающее, дробящее движение частичек наносов. К ним относят достаточно большой ряд процессов и явлений, обуславливающих направленность и интенсивность русловых переформирований.

Обзор литературы по данному вопросу позволяет говорить о следующих нефлювиальных руслоформирующих факторах: сток наносов и поступление их в реку; гранулометрический состав наносов; литологическое строение; неотектонические движения; обвалы, вечная мерзлота; пожары; растительность; золотый фактор.

«Сток наносов является важнейшим фактором русловых процессов. Это аксиоматическое положение теории русловых процессов (русловедения)» [14]. Источники поступления наносов в реку: от размыва берегов и русла, с притоками, обвалами, оползнями, ветром, землетрясениями, с антропогенным влиянием и др.

Для водотоков, протекающих по Среднеамурской низменности, характерен следующий тип поступления наносов: с водосборов материал практически не приходит в силу выровненности рельефа и небольших уклонов поверхности. Для рек свойственна значительная боковая эрозия, сопровождающаяся не меньшей аккумуляцией. Это показывают как материалы картографического анализа, так и наши полевые наблюдения. Кроме того, данным процессам способствует и литология территории, которая представлена преимущественно песчаными отложениями, пластичными глинами, бурыми песками, под которыми залегают серые, полимиктовые пески с гравием и галькой разного состава.

Русловые процессы на водотоках, протекающих по территории низменности, обусловлены большей частью переносом и переотложением руслового и пойменного аллювия и наносов, поступивших с вышерасположенных участков русел. Представлены они, русловые процессы, сезонной динамикой русловых форм рельефа (островов, кос, осередков, перекатов), намывом выпуклых и размывом вогнутых берегов, формированием прирусловых валов. В низовьях равнинных рек на первый план выходят процессы аккумуляции. Продольный профиль рек хорошо выработан, происходит резкое падение уклонов, замедляются скорости течения.

Таким образом, значительная неравномерность стока в течение года и особенности литологии территории

создают благоприятные предпосылки для достаточно интенсивных процессов переформирования русловых форм рельефа водотоков Среднеамурской низменности, в частности, это касается плановых деформаций русел рек.

Плановые деформации рек Среднеамурской низменности

Плановые деформации, они же горизонтальные, представлены размывами берегов, приводящими к смещению русла реки в плане. Анализ строения речных русел водотоков, протекающих по территории Среднеамурской низменности, показал, что изменения подобного рода обусловлены возникновением и развитием излучин. Русловые переформирования указанного типа характерны и наиболее ярко выражены преимущественно на равнинных реках.

Излучины рассматриваемых водотоков по форме, размерам, интенсивности и направленности плановых деформаций, а также по характеру образующих их берегов достаточно разнообразны. Согласно классификации излучин по их форме, предложенной Н.И. Маккавеевым и Н.В. Хмелевой [9], для рек района исследования характерны сегментные, омеговидные, сундучные излучины, также отмечаются заваленные и прорванные меандры (рис. 1).

По степени крутизны излучины могут быть крутыми, нормальными и пологими в зависимости от соотношения между величинами радиуса кривизны и стрелы прогиба. По характеру берегов, которые образуют излучины, и степени их фиксации принято выделять три основных типа излучин: свободные, врезанные и вынужденные. Для водотоков исследуемой территории характерны первые два типа излучин.

У свободных излучин берега низкие, пойменные, сложенные пойменным и русловым аллювием, периодически затопляются в половодье. Русловый процесс на свободных излучинах И.В. Попов [13] назвал типом свободного меандрирования. Иногда нормально развитые свободные излучины испытывают воздействие коренных берегов или надпойменных террас и называются адаптированными [9], а тип руслового процесса, протекающего на них, – ограниченное меандрирование [12].

Дальнейшее усложнение развития свободных излучин происходит в том случае, если в их шпору заходят обрывки надпойменных террас. Развитие таких излучин получает новое качество. В публикациях иностранных авторов [16] такие излучины обычно называют скользящими. Заходящие в шпору террасы препятствуют переливу вод половодья через шейку излучины, что вызывает усиление глубинной эрозии. В свою очередь, это может привести к преобразованию скользящей излучины во врезанную излучину.

У врезанных излучин берега высокие, незатопляемые, сложены коренными породами или древним аллювием. К морфологическим особенностям участков долин с врезанными излучинами относятся хорошо дифференцируемый врез, слабое развитие поймы.

Общее распределение излучин различных типов и форм на водотоках Среднеамурской низменности на

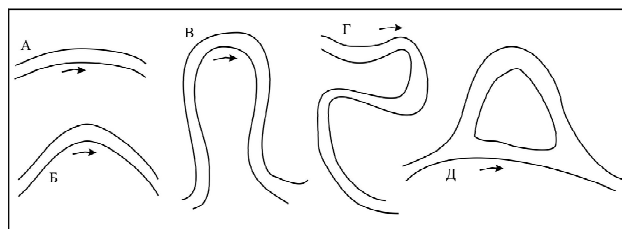


Рис. 1. Формы излучин рек (в плане)
района исследования.

А – сегментная кривая (р. Добрая); Б – сегментная крутая (р. Самара); В – омеговидная (р. Бира); Г – заваленная (р. Бира); Д – прорванная (р. Биджан)

примере крупных рек – Бира, Биджан, Самара, Добрая представлено в табл. 1.

Кроме того, на рис. 2 и 3 на примере тех же рек представлено распределение степени выраженности излучин и соединяющих их прямолинейных вставок русла. Анализ представленных данных (табл. 1 и рис. 2, 3) позволяет сделать некоторые выводы относительно морфологии и генезиса излучин рек рассматриваемой территории.

На всем протяжении водотоков, протекающих по Среднеамурской низменности, преобладают, преимущественно свободные излучины, которые изредка чередуются с адаптированными, скользящими, прорванными и местами врезанными. Образование и распространение последних приурочено к зонам повышенных значений уклонов дна долин рассматриваемых рек, которые обусловлены наличием переходных участков, формирующихся на стыке горных сооружений (отроги Малого Хингана и Буреинского хребта, останцовые формы рельефа) со Среднеамурской низменностью. Наличие врезанных, прорванных и скользящих излучин говорит о процессах, связанных с глубинной эрозией на данных участках.

По форме преобладают излучины сегментного вида с разной степенью кривизны и омеговидные. Сегментные излучины обычно представлены системой смежных изгибов русла, вытянутых в пространстве, омеговидные – это хорошо выраженные отдельные (иногда две сопряженные меандры, разделенные либо прямолинейными участками русла, либо излучинами других форм. Отмечается общая для всех водотоков закономерность, связанная с увеличением извилистости русла при движении вниз по течению, причем сегментные излучины, изначально преобладавшие количественно, сменяются омеговидными и синусоидальными, последние находятся на различных стадиях развития и характеризуются (как будет показано ниже) интенсивными процессами продольного и поперечного смещения берегов в результате их размыва и отложения аллювиального материала.

Значительное развитие излучин на реках в результате боковой эрозии может свидетельствовать об интенсивных процессах выработки продольного профиля равновесия на водотоках. Увеличение извилистости русел ведет к уменьшению уклонов, обуславливая достижение продольного профиля, который бы соответствовал выработанному профилю равновесия. Одновременно на боковую эрозию, как на способ выработки профиля рав-

Распределение количества излучин русел рр. Бира, Биджан, Самара, Добрая различного морфологического облика по зонам распространения водотоков с разными характеристиками речного русла в пределах Среднеамурской низменности

Характеристики излучин		Зона		
Форма излучины	Река	Зона 1*	Зона 2**	Зона 3***
		Количество излучин		
Сегментные	Бира	2	18	11
	Биджан	10	22	11
	Самара	6	18	18
	Добрая	10	30	11
	Итого	28	88	51
Омеговидные	Бира	4	7	0
	Биджан	3	15	3
	Самара	17	12	0
	Добрая	10	9	3
	Итого	34	48	6
Синусоидальные	Бира	4	3	2
	Биджан.	0	0	0
	Самара	0	0	0
	Добрая	0	0	0
	Итого	4	3	2
Прорванные	Бира	1	1	0
	Биджан	1	2	1
	Самара	0	1	0
	Добрая	0	0	1
	Итого	2	4	2
Тип излучины	Река	Количество излучин		
Свободные	Бира	5	17	11
	Биджан	11	38	15
	Самара	21	27	18
	Добрая	17	28	15
	Итого	54	110	59
Адаптированные	Бира	2	3	0
	Биджан.	3	0	0
	Самара	2	0	0
	Добрая	1	0	0
	Итого	8	3	0
Скользкие	Бира	2	5	2
	Биджан	0	2	0
	Самара	0	3	0
	Добрая	2	2	0
	Итого	4	12	2
Врезанные	Бира	2	1	0
	Биджан	0	0	0
	Самара	0	0	0
	Добрая	0	0	0
	Итого	2	1	0

Примечание: * – зона распространения рек (участков) с галечными разветвленными руслами; ** – зона распространения рек (участков) с песчаными руслами и развитыми меандрами на разных стадиях формирования; *** – зона распространения рек (участков) с песчаными распластанными руслами

новесия, указывают соотношения средних величин ширины поймы и пояса меандрирования на участках развития омеговидных и синусоидальных излучин. На данных участках ширина пояса меандрирования существенно превосходит ширину поймы, при средней протяженности пойменных массивов в 150–200 м величина меандровых поясов достигает 3–3,5 км.

Для установления величины и типа происходящих плановых деформаций излучин на рассматриваемых водотоках использовались данные собственных полевых наблюдений, совмещение разновременных карт и планов

местности, анализ космоснимков. В качестве ориентиров для совмещения были использованы места расположения перекрестков дорог в населенных пунктах, истоки пойменных речек, берущих начало из стариц, мосты и т.п. Рассматривалось смещение излучин продольное (u_1) – вниз по реке и поперечное (u_2) – в сторону вогнутого берега, кроме того, определялась равнодействующая, нерасчиленная (u) скорость смещений излучин

$$(u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}) [9].$$

Данные о скоростях смещения излучин различных

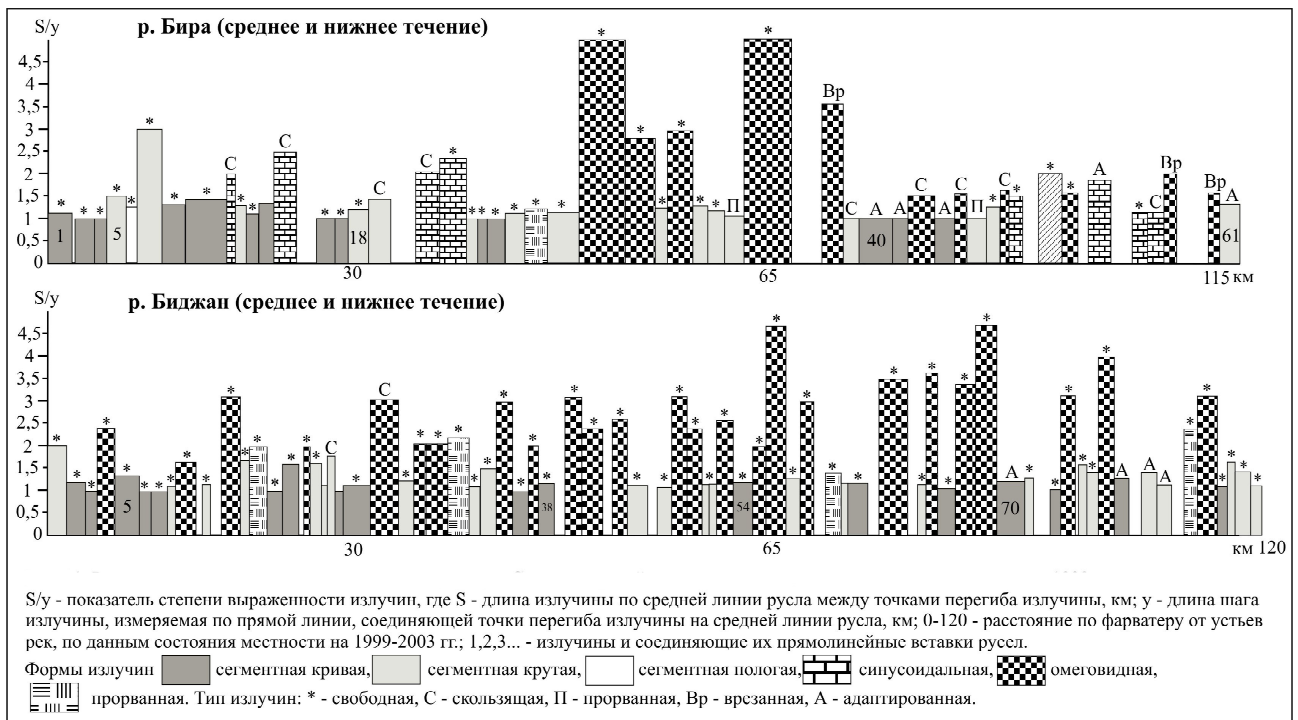


Рис. 2. Распределение степени выраженности излучин рр. Бира и Биджан Среднеамурской низменности по данным состояния местности на 1999-2003 гг.

морфогенетических категорий на примере рек Бира и Биджан в пределах Среднеамурской низменности представлены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что поперечные скорости смещения (максимальные и средние) у большинства типов излучин в 1,5–2,5 раза превышают продольные, это объясняется относительно небольшими уклонами дна долин водотоков и наличием легкоразмываемых пород. Преобладание продольных скоростей смещения харак-

терно для врезанных излучин, это объясняется тем, что водотоки протекают в непосредственной близости от небольших изолированных горных массивов отдельных сопок центральной, южной и восточной части Среднеамурской низменности.

Среди генетических типов свободные излучины имеют наибольшие скорости смещения как в продольном направлении, так и в поперечном (до 3,8 и 4,7 м в год соответственно). Повышенные скорости смещения обус-

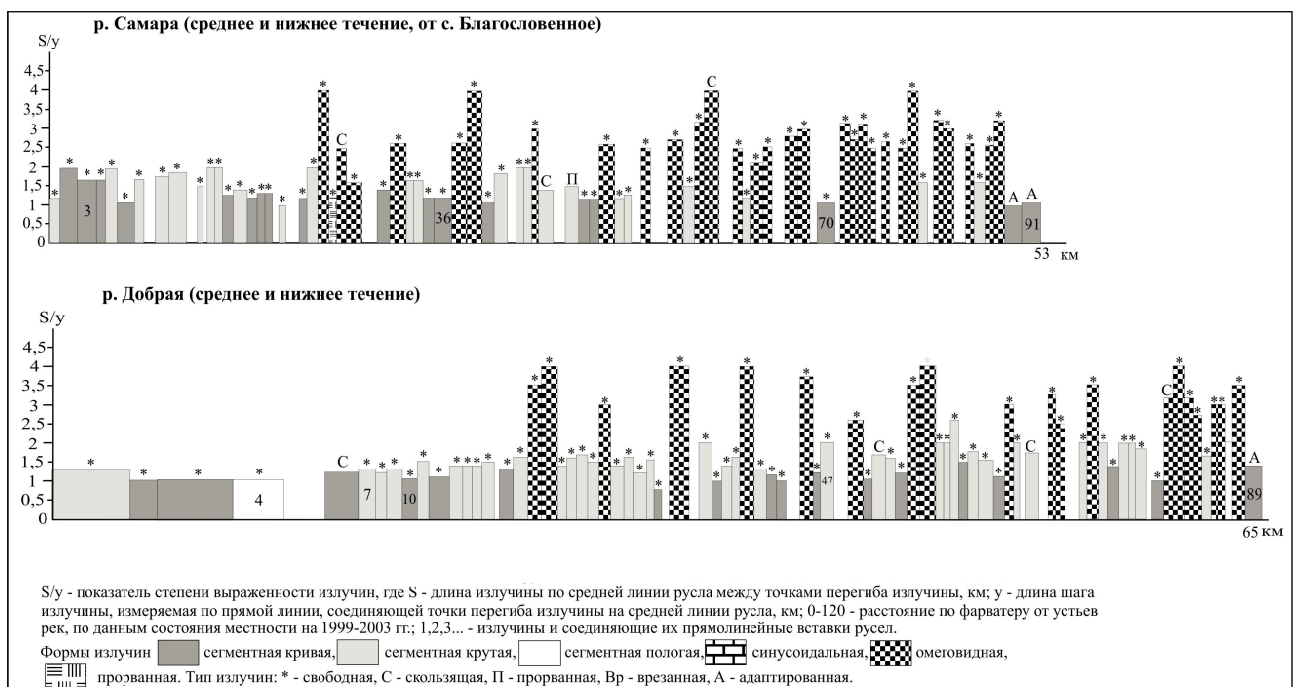


Рис. 3. Распределение степени выраженности излучин рр. Самара и Добрая Среднеамурской низменности по данным состояния местности на 1999-2003 гг.

Скорости смещения излучин различных морфогенетических категорий на примере рр. Бира и Биджан

Категория излучин		Река	Скорость смещения излучин, м/год					
			продольная		поперечная		нерасчленная	
Тип	Вид		максим.	средн.	максим.	средн.	максим.	средн.
Генетический	Свободные	Бира	3,8	1,7	4,7	2,8	6,0	3,3
		Биджан	3,2	1,5	3,9	2,2	5,0	2,6
	Адаптированные	Бира	0,9	0,8	1,0	0,8	1,3	1,1
		Биджан	0,8	0,6	0,9	0,7	1,2	0,9
	Врезанные	Бира	1,8	1,3	1,5	0,9	3,3	1,6
		Биджан	1,3	1,1	1,2	0,9	2,8	1,4
	Скользкие	Бира	1,9	1,5	2,1	1,2	2,8	1,9
		Биджан	1,7	1,1	1,8	1,0	2,4	1,5
Морфологический	Сегментные	Бира	2,3	1,6	4,7	2,9	5,2	3,3
		Биджан	1,9	1,2	3,6	1,9	4,0	2,2
	Синусоидальные	Бира	1,1	0,9	1,9	1,4	2,4	1,7
		Биджан	0,8	0,6	1,2	1,1	1,5	1,3
	Омеговидные	Бира	3,8	2,0	4,5	2,5	5,8	3,2
		Биджан	3,1	1,4	3,7	1,8	4,8	2,3
	Прорванные	Бира	1,1	0,7	1,3	0,9	1,7	1,1
		Биджан	0,8	0,6	1,1	0,7	1,4	0,9

ловлены в большей степени рыхлостью пород, образующих береговые откосы. Это преимущественно современные аллювиальные, пойменные и русловые отложения. Кроме того, отсутствуют ограничивающие факторы – выходы неразрываемых пород, коренные борта долин. Повышенные скорости смещения также характерны для скользких излучин. Это связано с тем, что в их шпоре находятся обрывки террас, высокой поймы, релки, занятые древесной растительностью, которые препятствуют переливу вод половодья через шейку меандры и отклоняют поток к противоположному берегу, вызывая его разрушение.

Значительно меньшими продольными и поперечными скоростями смещения отличаются адаптированные и врезанные излучины, средние скорости плановых деформаций – 1,1–1,3 и 0,9 м в год соответственно.

Между скоростями смещения излучин и их морфологическими типами существует определенная связь. Самые значительные скорости смещения наблюдаются у сегментных и омеговидных излучин, которые в большинстве случаев являются свободными. Для сегментных излучин характерно поперечное смещение, в среднем до 2,9 м в год, превышающее продольные скорости (средние значения которых 1,2–1,6 м в год) в 1,5–2 раза. Средние скорости смещения омеговидных излучин в обоих направлениях примерно одинаковые и составляют в продольном направлении – 1,4–2 м, в поперечном – 1,8–2,5 м.

Таким образом, можно говорить о некоторых качественных характеристиках плановых деформаций русел рек. В первом случае (сегментные излучины) изменение плановых очертаний рек связано с определенной стадийностью развития излучин (искривление русла за счет уменьшения радиуса кривизны и роста стрелы прогиба), во втором (омеговидные излучины) – происходит постепенное сползание излучин вниз по течению без значительного изменения их форм и размеров.

Относительно небольшие скорости смещения у про-

рванных излучин связаны с интенсивным развитием спрямляющего протока, который в большинстве случаев представляет относительно прямолинейный участок русла, а также с уменьшением расходов воды ниже места прорыва. Отмечено, что по мере разработки спрямляющего потока до ширины, соизмеримой с шириной основного русла, ниже по течению на протяжении всей излучины формируются островные и осередковые формы рельефа, вытянутые в плане.

Синусоидальные излучины развиваются в соответствии с общей схемой: зона размыва локализуется коротким отрезком вогнутого берега в вершине излучины, преобладает преимущественно поперечное смещение с образованием участков русла между вершинами смежных излучин, представляющих собой прямолинейные вставки с относительно стабильными берегами.

Кроме определения скоростей смещения излучин, были выявлены качественные характеристики происшедших плановых деформаций излучин. Обнаруженные при этом деформации были систематизированы в следующие типы: 1) спрямление излучин; 2) увеличение стрелы прогиба излучины, рост ее кривизны; 3) смещение излучины вниз по реке без существенного изменения ее размера и формы; 4) увеличение кривизны относительно прямолинейных участков русла в результате спрямления излучин.

Оценка и учет рассмотренных выше процессов крайне необходимы, особенно это актуально в пределах урбанизированных территорий. Связано данное обстоятельство с тем, что указанные процессы напрямую влияют на безопасность и возможность проживания человека, а также на целостность и нормальное функционирование зданий и сооружений в пределах прирусловых территорий. Особенно это актуально для городов, где процессы размывов берегов могут носить катастрофический характер, и несвоевременный их учет может повлечь значительные материальные потери.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аношкин А.В. Типы водотоков Хингано-Буреинской горной страны в пределах Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2007. № 8. С. 127–133.
2. Кондратьев Н.Е. Дискретность русловых процессов // Труды ГГИ. Л.: Гидрометеиздат, 1978. Вып. 252. С. 3–19.
3. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности режима рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 200 с.
4. Кузьменко С.П., Бокша М.А. Геолого-геоморфологические особенности западной окраины Среднеамурской низменности. «Вопросы географии Дальнего Востока». Хабаровск, 1973. Сб.12. С. 54–62.
5. Лебедев В.Г. Основные проблемы и новейшие теории геоморфологии. Изд-во Саратовского ун-та, 1965. 104 с.
6. Львович М.И. Реки СССР. М., 1971. 348 с.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. М.: Изд-во наук СССР, 1955. 348 с.
8. Маккавеев Н.И., Советов В.С. Трассирование землечерпательных прорезей на перекатах равнинных рек Европейской части СССР // Маккавеев. Н.И. Теоретические и прикладные вопросы почвоведения и русловых процессов. Избр. тр. М.: Географический факультет МГУ, 2003. С. 171–230.
9. Маккавеев Н.И., Хмелева Н.В. Общие особенности русловых процессов на излучинах и методика их исследований. В кн.: Экспериментальная геоморфология. М., 1969. Вып. 2. С. 7–25.
10. Мандыч А.Ф. Влияние волн паводков горных рек на расход наносов // Метеорология и гидрология. 1966. № 2. С. 13–17.
11. Михайлова Н.А., Шарашкина Н.С. О моделировании русловых процессов // Движение наносов в открытых руслах. М.: Наука, 1970. С. 15–18.
12. Попов И.В. Методические основы исследований руслового процесса. Л., 1961. 98 с.
13. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: МГУ, 1979. 232 с.
14. 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 // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Проблемы русловедения. М.: МГУ, 2003. Вып. 9. С. 195–205.
15. Эрозионные процессы / Под ред. Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова. М.: Мысль, 1984. 255 с.
16. Knighton D. River channels: environment and processes. N.Y.: Basil Blackwell Ink. 1987. 383 p.

Natural factors of riverbed processes taking place on the Middle Amour lowland rivers, within the Jewish autonomous region, are considered in the article. Basic directions and intensity of various kinds of bends planned deformations, and their stages of development, on the Middle Amour lowland's small and middle water flows, have been designated.