

ФАКТОРЫ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МОРФОДИНАМИКУ РУСЕЛ РЕК УДМУРТИИ

Равнинная территория Удмуртской Республики (УР) расчленена густой сетью рек, общая протяженность которых составляет почти 30 тыс. км. Преобладают широкопойменные реки с активным развитием процессов меандрирования [1].

Для изучения горизонтальных русловых деформаций на реках Удмуртии использовались картографические и полевые экспедиционные методы. С целью выявления роли отдельных факторов русловых процессов в формировании русел применялись различные методы математической статистики. Определялись характер и наличие связи между интенсивностью русловых деформаций и анализируемыми факторами. Для прямолинейных зависимостей рассчитывался коэффициент корреляции (r), для криволинейных – корреляционное отношение (η). Скорости и масштабы горизонтальных русловых деформаций характеризовались долей размываемых берегов и интенсивностью их размыва.

Доля размываемых берегов представляет собой отношение суммарной протяженности участков береговых размывов ко всей длине рассматриваемого отрезка русла, выраженное в процентах. Этот показатель меняется в широких пределах – от нулевых значений, когда размывы берегов русла отсутствуют, до самых высоких – 80–100%. Наибольшая доля размываемых берегов характерна для рек южной части республики – левобережья Вятки и правобережья Камы. Высокие значения характерны для рек бассейна Чепцы, в особенности ее левобережья. С увеличением порядка реки доля размываемых берегов увеличивается. На р. Сива размываемые берега встречаются практически на всем ее среднем и нижнем течении. Наоборот, малые реки, или верховья больших и средних рек, находящиеся в лесистой местности, характеризуются минимальными значениями доли размываемых берегов (табл. 1).

Интенсивность горизонтальных русловых деформаций характеризуется скоростью смещений русла в плане. Поэтому величина отступления вогнутых берегов в привершинных частях излучин принимается обычно в качестве показателя интенсивности горизонтальных русловых деформаций на конкретных участках рек [2]. В качестве показателей интенсивности используются ее среднее многолетнее, среднегодовое, максимальное за год или ряд лет значения.

С 1999 года на ряде рек Удмуртии (55 ключевых участков) ежегодно в летний период проводятся полевые работы по изучению бокового смещения русел. На участках рек с

Таблица 1

Доля размываемых берегов в речных бассейнах Удмуртии (в % от суммарной длины рек)

Речной бассейн	Реки			Среднее по бассейну
	очень малые	малые	средние и большие	
Чепца	6.4	10.3	33.3	15.7
Вала	3.6	7.7	35.1	12.6
Кильмезь	0.1	8.0	35.2	13.0
Сива	6.9	12.1	71.0	16.6
Иж	6.9	10.7	35.3	13.3
Левобережье Вятки и Тойма	9.2	28.9	14.5	19.7
Правобережье Камы	12.6	32.2	–	19.2
Левобережье Камы	2.4	10.9	42.8	10.4
Верховья Вятки и Камы	0	4.3	–	3.1

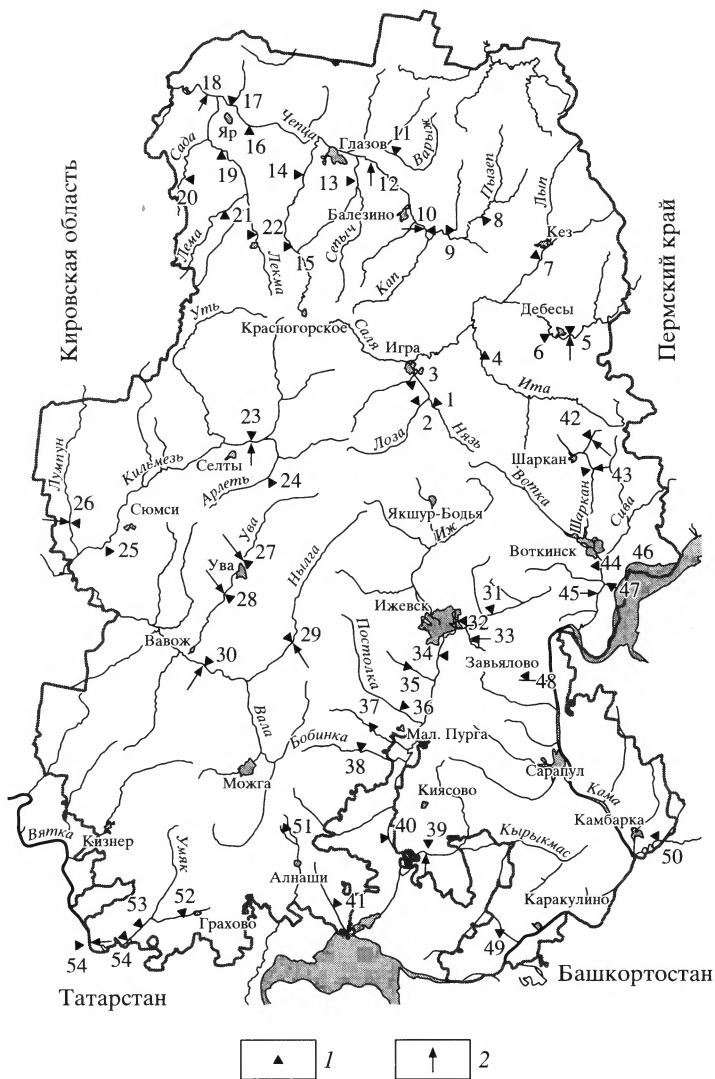


Рис. 1. Карта-схема расположения ключевых участков по изучению морфодинамики русел рек на территории Удмуртии

Места: 1 – расположения реперов и марок, 2 – тахеометрической съемки

активно размываемыми берегами (чаще – высокой поймы) заложено около 300 реперов и марок; на 30 участках ежегодно выполняется повторная теодолитная тахеометрическая съемка (рис. 1).

Анализ полевых данных за шесть лет (2000–2005 гг.), полученных на ключевых участках, свидетельствует о большом диапазоне скоростей бокового размыва (табл. 1). При этом имеются существенные различия по рекам, отличающимся размерами (порядком, водоносностью и т.д.). Расчет порядков рек выполнялся по схеме Шайдеггера:

$$N = \log_2(P) + 1,$$

где P – число притоков 1 порядка (притоком 1 порядка считается река длиной менее 10 км).

Порядок рек можно также использовать как критерий перехода от малых рек к средним. Для территории УР предлагается относить реки 1–6 порядка к очень малым, 6–9 порядка – к малым и реки крупнее 9 порядка – к средним и большим. У рек разного порядка значительно отличаются все остальные параметры: длина, ширина, расходы, уклон и т.д.

По данным полустационарных наблюдений на ключевых участках наибольшие скорости размыва берегов характерны для рек с порядком выше 9 (III группа). Максимальные значения размыва, наблюдаемые здесь, достигают 10–15 м/год и более, среднегодовые скорости размыва колеблются в интервале 1.5–3.0 м/год. Так, на р. Вятке на ключевом участке “Крымская Слудка” среднегодовые скорости размыва превышают 3 м/год, а максимальные из зафиксированных составляют 15–25 м/год. Интенсивно проявляется боковая эрозия на р. Чепце: на ключевых участках “Каменное Заделье”, “Дизьмино” и “Яр” среднегодовые скорости составляют 1.1–1.8 м/год (табл. 2).

Для малых рек 6–9 порядка (II группа) средние скорости отступления берегов составляют 0.4–0.7 м/год, максимальные – 2–3 м/год. В этой группе выделяются реки: Кильмезь, Иж, Вала, Ува, Нылга, на которых наиболее ярко проявляются горизонтальные русловые деформации.

Для самых малых рек (I группа, порядок ниже 6) значения средних скоростей размыва ниже – 0.1–0.3 м/год, хотя в отдельных точках зафиксированы смещения берегов за год на 1–2 м и более.

Различия в интенсивности русловых деформаций наблюдаются не только на реках разных размеров, протекающих в разных природных условиях, но и по длине одной реки (от истока к устью) в связи с увеличением водоносности, скорости размывов берегов на излучинах изменяются. Так, на р. Чепце на пяти ключевых участках, расположенных на разном расстоянии от истока, интенсивность горизонтальных деформаций на излучинах увеличивается. Такая же закономерность выявляется и для других рек.

Интенсивность горизонтальных русловых деформаций существенно варьирует во времени. Так, летом 2000 г. на реках были зафиксированы высокие скорости размыва берегов; средняя по республике скорость бокового размыва составила 0.54 м/год. В дальнейшем – до 2004 г. – практически на всех ключевых участках наблюдалась тенденция снижения интенсивности русловых деформаций. Особенно низкие скорости размыва были зафиксированы в 2004 г.: даже на реках III группы (за исключением Вятки) среднегодовые скорости размыва не превышали 0.3 м/год; на многих малых реках берега оставались практически стабильными. Ситуация изменилась в 2005 г., когда скорости бокового смещения русел вновь резко возросли.

Среди гидрологических факторов наиболее существенную роль в русловом режиме играет сток воды, характеризующийся водоносностью реки и неравномерностью. Из-за отсутствия данных о руслоформирующих расходах воды на реках УР был проведен анализ зависимости скоростей бокового размыва от среднегодовых расходов (Q). С увеличением показателей водности на реках увеличиваются значения и среднегодовых ($r = 0.869$) и максимальных скоростей размыва ($r = 0.936$). Связь эта имеет линейный характер и описывается уравнением:

$$C = 0.795 + 0.013Q.$$

Расход воды, как известно, является функцией площади водосбора. Проведенный анализ зависимости скорости горизонтальных деформаций и площади водосбора (F) выявил наличие тесной связи между этими показателями. Уравнение связи имеет следующий вид (коэффициент корреляции равен 0.865):

$$C = 0.221 + 0.001F.$$

Ввиду того, что основное руслоформирующее значение имеют расходы средневысокого половодья, интенсивность размыва русла варьирует в значительных пределах в зависимости от сезона года.

Средние и максимальные величины годовых размывов за период 2000–2005 гг. на реках Удмуртии

№	Река	Ключевой участок	Порядок реки	2000		2001		2002		2003		2004		2005	
				ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
1	Лоза	ст. Кушья	7.8	–	–	0.15	0.35	0.26	0.50	0.12	0.3	0.18	0.30	0.2	1.0
2	»	д. Сундур	8.2	0	0	0.23	0.88	0.1	0.35	0.63	2.55	0.22	0.70	0.23	0.95
3	»	ст. Лоза	8.8	0.14	0.38	0.05	0.14	0.38	1.55	0.36	1.05	0.1	0.2	0.10	0.22
4	Ита	п. Зура	8.8	–	–	0.27	0.63	0.41	1.60	0.23	0.8	0.17	0.35	0.24	0.60
5	Чепца	с. Дебесы	8.7	0.48	0.85	0.44	1.95	0.28	0.80	0.52	1.9	0.15	0.35	0.21	0.50
6	»	д. Варни	8.7	–	–	–	–	0.81	2.0	0.31	1.4	0.11	0.70	0.42	1.5
7	Лып	д. Сосновый Бор	8.5	0.43	0.80	0.19	0.37	0.24	0.50	0.24	0.9	0.19	0.6	0.11	0.15
8	Пызеп	д. Бани	8.6	–	–	0.86	2.45	0.32	0.87	0.68	1.52	0.18	0.8	1.25	3.28
9	Чепца	д. Кам. Заделье	11.4	–	–	1.80	3.67	–	–	1.2	1.8	0	0	1.06	1.43
10	»	д. Кожило	11.6	–	–	1.33	1.90	1.25	2.15	0.31	1.05	0.21	0.3	0.48	1.61
11	Варыж	д. Кельдыково	7.4	–	–	0.42	0.82	0.32	0.68	0.29	0.95	0.1	0.15	0.21	0.40
12	Чепца	с. Адам	11.8	–	–	0.72	2.0	0.84	2.8	0.43	1.6	0.28	1.25	1.83	5.0
13	Сепыч	г. Глазов	7.9	–	–	0.82	1.35	–	–	0.49	1.3	0.12	0.3	0	0
14	Убыть	д. Чура	8.1	–	–	0.34	0.40	0.13	0.15	0	0	0	0	0.10	0.30
15	»	д. Палагай	7.3	–	–	0.23	0.35	0.21	0.35	0.16	0.5	0.1	0.15	0.27	0.80
16	Чепца	п. Яр	12.3	–	–	0.43	1.60	0.44	1.35	1.44	2.7	0.26	0.4	1.81	7.10
17	»	д. Дизмино	12.3	–	–	1.27	2.65	1.65	2.36	1.05	2.55	0.25	0.7	1.30	4.70
18	»	п. Льнозавод	12.3	–	–	–	–	0.80	2.2	0.75	2.2	0.32	1.5	0.24	3.1
19	Лекма	д. Ниж. Укан	8.6	–	–	0.16	0.40	0.07	0.20	0	0	0.14	0.25	0.17	0.30
20	Сада	д. Юр	4.6	–	–	0.17	0.45	0.10	0.30	0.05	0.1	0.06	0.1	0	0
21	Лема	д. Шамардан	6.7	–	–	0.10	0.20	0.05	0.10	0.08	0.15	0.1	0.2	0	0
22	Лекма	д. Починки	7.4	–	–	0.28	0.60	0.10	0.30	0.14	0.5	0.11	0.25	0.11	0.25
23	Кильмезь	с. Головиз. Язок	8.7	–	–	2.24	5.25	1.43	3.95	0.56	2.6	0.20	0.7	0.43	1.32
24	Арлеть	д. Чиб.-Зюнья	6	–	–	0.29	0.45	0.23	0.80	0.13	0.3	0.11	0.25	0.20	0.51
25	Кильмезь	д. Мал. Сюмси	9.9	–	–	–	–	–	–	0.65	1.00	0	0	1.0	3.10
26	Лумпун	с. Х. Пристань	6.8	–	–	–	–	–	–	0.16	0.55	0.10	1.20	0.10	0.30
27	Ува	п. Ува	8.0	–	–	0.33	1.4	0.53	1.4	0.6	2.2	0.21	0.52	0.21	1.0
28	»	д. Ува-Тукля	8.1	–	–	0.45	1.38	0.51	2.05	0.37	0.85	0.17	0.5	0.91	2.08
29	Нылга	с. Нылга	8.3	–	–	0.57	1.95	0.63	1.80	0.45	1.15	0.14	0.35	0.4	0.65
30	Вала	с. Макарово	9.3	0.52	1.45	0.98	2.60	0.52	1.94	0.38	0.8	0.21	0.75	0.10	0.15
31	Позимь	ст. Позимь	8.6	–	–	0.10	0.10	0.10	0.35	0.27	0.60	0.14	0.50	0.10	0.20
32	»	д. Кабаниха	8.5	0.44	0.68	0.05	0.29	0.12	0.35	0.28	0.70	0.10	0.20	0	0
33	Былдваяка	с. Завьялово	4.5	–	–	–	–	–	–	0.25	0.55	0	0	0.1	0.28
34	Иж	д. Бол. Венья	9.6	0.45	1.05	0.27	0.54	0.28	1.25	0.24	0.45	0.16	0.55	0.10	0.20
35	Лудзинка	с. Юськи	5.1	0.33	0.70	0.46	0.85	0.27	0.40	0.13	0.20	0.10	0.20	0.20	0.30
36	Постолка	п. Постольский	7	–	–	–	–	0.45	2.0	0.18	0.35	0.13	0.45	0.35	1.20
37	Агрызка	д. Баграш-Бигра	4.5	–	–	–	–	0.92	2.75	3.15	8.1	0	0	0.35	0.70
38	Бобинка	д. Абдэс-Урдэс	5.8	–	–	–	–	0.09	0.20	0.61	2.60	0.10	0.15	0.40	0.95
39	Кырыкмас	д. Тавязмал	8.4	–	–	0.63	1.0	0.18	0.80	0.72	3.20	0.10	0.15	0.32	1.26
40	Иж	д. Р. Шаршада	10.6	0.22	0.24	0.12	0.20	0.14	0.23	0.46	1.70	0.10	0.10	0.10	0.15
41	Варзинка	д. Юмьшур	5	–	–	0.15	0.30	0.11	0.35	0.20	0.50	0.27	1.20	0.27	0.74
42	Билибка	д. Шонер	4.8	0.10	0.24	0.34	0.34	0.10	0.20	0.16	0.21	0.33	0.5	0.05	0.23
43	Шаркан	д. Титово	5.6	0.51	2.34	0.44	1.49	0.56	2.35	0.15	0.55	0.15	0.45	0.10	0.30
44	Сива	с. Гавриловка	10.6	0.27	0.55	0.08	0.25	0.85	0.85	0.23	0.45	0.2	0.2	0.30	0.51
45	»	д. Метляки	10.8	–	–	0.45	0.95	0	0	0.35	0.45	0.2	0.32	0.3	0.42
46	Вот. вдхр.	д. Галево	–	–	–	1.0	2.4	–	–	–	–	0.93	2.7	–	–
47	Удебка	д. Фертики	2.1	–	–	0.1	0.4	0.1	0.35	0.3	1.8	–	–	–	–
48	Гольянка	с. Гольяны	4.7	0.38	0.65	0.20	0.29	0.25	0.70	0.3	0.8	0.32	0.6	0.40	1.00
49	Кобылка	д. Клество	4.2	0.35	1.0	0.22	0.45	0.22	0.30	0.13	0.20	0.11	0.20	0.25	0.80
50	Пизь	д. Новокрещенка	7.6	–	–	0.48	2.26	0.04	0.15	–	–	–	–	–	–
51	Алнашка	с. Алнаши	3	0.36	0.50	0.19	0.52	0.21	0.85	0.15	0.25	0.17	0.50	0.10	0.27
52	Адамка	с. Грахово	3.8	0.20	0.55	0.25	0.75	0.40	1.05	0.15	0.40	0.19	0.85	0.35	0.80
53	Умяк	д. Русский Куюк	6.2	0.52	1.55	0.45	0.97	0.18	0.43	0.15	0.30	0.10	0.20	0.30	0.52
54	»	д. Бажениха	6.9	–	–	0.15	0.30	0.13	0.30	0.13	0.40	0.12	0.20	0.15	0.40
55	Вятка	с. Кр. Слудка	15	3.25	13.35	3.97	10.67	4.53	14.25	3.0	8.90	1.23	3.05	5.90	15.0

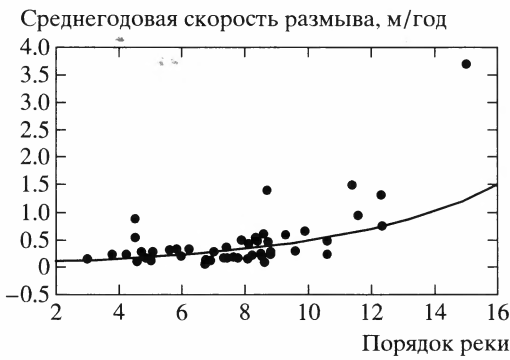


Рис. 2. Зависимость среднегодовой скорости размыва берегов от порядка реки



Рис. 3. Зависимость относительной скорости размыва берегов от порядка реки

Анализ полевых данных, полученных в 2004 г., показал, что наиболее активно перестроение русла происходит во время весеннего половодья. В период летне-осенней межени сильных размывов берегов на очень малых и малых реках практически не отмечается: скорости смещения берегов либо нулевые, либо не превышают 0.1–0.2 м за сезон.

На территории Удмуртии наблюдается тесная связь скорости горизонтальных деформаций и порядка реки N : значения среднегодовых ($C_{\text{ср}}$) и среднемаксимальных ($C_{\text{макс}}$) скоростей размыва берегов увеличиваются с увеличением порядка реки (рис. 2). Коэффициенты корреляции данных зависимостей составляют 0.614 и 0.677 соответственно. Зависимости описываются экспоненциальными формулами:

$$C_{\text{ср}} = 0.019e^{0.35N},$$

$$C_{\text{макс}} = 0.022e^{0.42N}.$$

Абсолютная величина скорости отступления берега (например, 5 м/год) для малых и больших рек имеет разное значение: для малых рек это огромная величина, сопоставимая с их собственной шириной, для больших – ничтожно малая. Поэтому вводится относительная характеристика, позволяющая исключить влияние размера реки на значимость величины скорости размыва ее берегов – относительная скорость размыва (U). Этот показатель представляет собой отношение расстояния, на которое за год отступает берег реки ($B_{\text{д}}$, м), к средней ширине меженного русла (B , м) на данном участке, т.е. $U = B_{\text{д}}/B$. Умножая полученную величину на 100, можно выразить относительную скорость в процентах от ширины русла [3].

Относительная скорость также тесно связана с порядком реки: с увеличением размера реки она уменьшается (корреляционное отношение 0.73) (рис. 3):

$$U = 7.348e^{-0.154N}.$$

Геолого-геоморфологические условия представляют собой группу факторов, обуславливающих интенсивность развития русловых деформаций и определяющих наиболее общие особенности морфологического облика речного русла и поймы. В.М. Лохтин [4], говоря о главных руслоформирующих факторах, особо выделяет два из них – уклон реки и размываемость “слоев земли”. Интенсивность боковой эрозии тесно связана с величинами сопротивления размыву слагающих пойму грунтов (R), рассчитанными по методике Г.В. Бастракова [5]. Связь между этими показателями носит отрицательный характер. Полученные значения коэффициента корреляционного отношения (η)

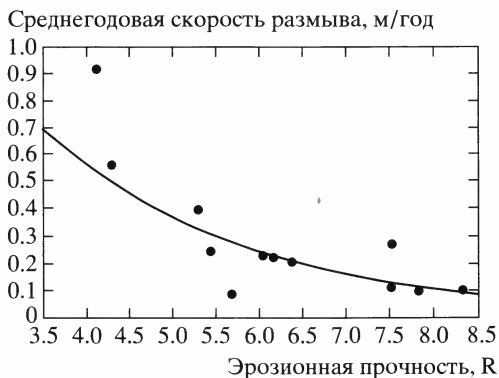


Рис. 4. Зависимость среднегодовой скорости размыва берегов от эрозионной прочности на очень малых реках

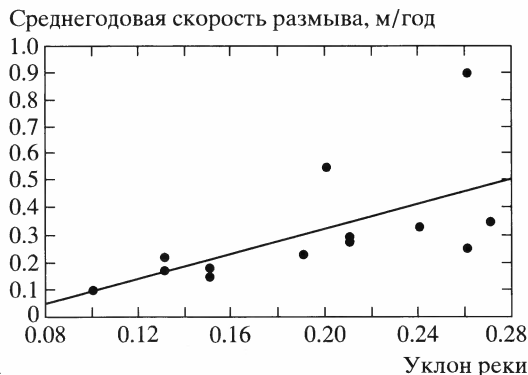


Рис. 5. Зависимость среднегодовой скорости размыва берегов очень малых рек от уклона

подтверждают это. Для очень малых рек $\eta = 0.62$, для средних и больших – $\eta = 0.69$ (рис. 4).

Полученная связь описывается уравнением:

$$C = 3.021e^{-0.421R}$$

Слабее оказалась связь для самой многочисленной II группы ($\eta = 0.44$), так как вариации в значениях интенсивности русловых деформаций и показателях сопротивления грунтов размыву здесь довольно существенны.

Значительное влияние на интенсивность русловых процессов оказывает уклон реки I . При больших уклонах эрозионно-транспортующая способность потока возрастает, соответственно усиливается активность русловых деформаций. Однако на изучаемых реках влияние уклона проявляется слабо. Лишь на очень малых реках скорости горизонтальных деформаций зависят от уклона поверхности (коэффициент корреляции составляет 0.611) (рис. 5):

$$C = -0.13 + 2.3I$$

На реках II и III групп связь не выявлена – значение коэффициента корреляции 0.149 и 0.337 соответственно, поскольку на равнинных территориях на средних и крупных реках уклоны изменяются по длине реки незначительно, варьируя в системе “пес–перекат” и определяясь длиной излучин.

Виды, направленность и скорость горизонтальных русловых деформаций зависят, помимо гидрологических и геолого-геоморфологических факторов, от морфометрических и морфологических особенностей речного русла. И.В. Попов [6], оценивая влияние размеров реки на размывы берегов на излучинах, использовал в качестве показателя ширину русел в меженных бровках. Согласно его данным скорости смещения вогнутых берегов до ширины русел 400 м нарастают медленно – от минимальных значений до 19 м/год, после чего увеличиваются, составляя при ширине русла 600 м – 32 м/год, при 800 м – 50 м/год.

На территории Удмуртии преобладают сравнительно небольшие реки с шириной русла до 200 м (за исключением Вятки). Поэтому скорости размыва берегов невелики. Связь между шириной реки и скоростью размыва прослеживается очень тесная – значение коэффициента корреляции составляет 0.91. Линейная связь описывается уравнением:

$$C = 0.17 + 0.1B$$

Интенсивность горизонтальных деформаций связана также с характером и высотой берегов. Высокие коренные берега, сложенные более устойчивыми к размыву породами, отстают очень медленно или являются практически стабильными. На ключевом участке “Сундур” р. Лоза подмывает коренной берег, образуя адаптированную излучи-

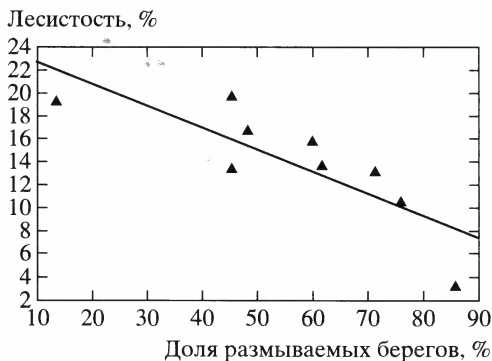


Рис. 6. Зависимость доли размываемых берегов от лесистости водосбора в основных речных бассейнах Удмуртии

$$C = 0.047 + 0.125H.$$

На участках рек, где транспортирующая способность потока достаточно велика и материал размыва берегов выносится быстро, высота уступов не влияет на размыв песчаных откосов, но сказывается на темпах деформаций суглинистых берегов [3]. Единственный механизм разрушения берегов высотой менее 1.5 м – размыв. На более высоких откосах активизируются процессы оползания и отседания небольших блоков, что увеличивает интенсивность деформаций берегов. Наиболее яркий пример развития оползней по берегам рек можно наблюдать на ключевом участке “Крымская Слудка” на р. Вятке. Ширина оползневого тела здесь достигает 100 м при длине около 1 км. На береговых уступах высотой более 5 м наблюдаются отседания крупных блоков.

На скорость боковой эрозии влияет кривизна русла на излучине, показателем которой является ее радиус. У сегментных излучин, чем меньше радиус кривизны русла, тем меньше скорость продольного и больше скорость поперечного смещения. Соответственно крутые излучины смещаются в горизонтальном направлении более интенсивно, чем пологие. У петлеобразных излучин такую связь проследить сложно: значения радиуса кривизны большие и скорости размыва берегов также велики.

Влияние растительности на развитие русловых процессов может быть непосредственным и косвенным. При снижении лесистости бассейнов ниже 50–60% происходит резкое увеличение стока наносов, являющегося одним из ведущих факторов русловых процессов, и поступление продуктов бассейновой эрозии в речные русла. Если рассмотреть территорию Удмуртии, то этот рубеж ею был перейден в 60–90-е гг. XIX в. [8]. Однако в ряде районов и речных бассейнов (правобережье Камы, южные районы УР) критическая черта была достигнута в более ранний период. Поэтому в настоящее время тесной связи между показателями лесистости водосбора и интенсивностью горизонтальных деформаций на ключевых участках не выявлено. Зато четко прослеживается связь доли размываемых берегов с лесистостью водосбора: с уменьшением лесопокрытой площади доля размываемых берегов увеличивается (рис. 6).

Еще большее влияние на скорость горизонтальных деформаций оказывает пойменная растительность. Лесная и кустарниковая растительность, “армируя” корнями размываемые берега, способствует снижению интенсивности русловых деформаций. Каркас из корней деревьев настолько прочен, что иногда удерживает на подмываемых берегах огромные массы грунта в нависшем состоянии. Заросли ивняка, появляясь на прибрежных песках, влияют на режим перекаатов и поймы: массивы песков становятся более стабильными, на их поверхности появляются новые отложения, что способствует отклонению потока к противоположному берегу и его размыву.

ну. Скорости размыва берега здесь нулевые. На больших реках, чем больше высота коренного берега, тем значительнее объем обрушающихся масс грунта, который иногда довольно продолжительное время остается у основания уступа, повышая отметки дна и препятствуя дальнейшему развитию процесса. Наиболее интенсивно размываются берега свободных излучин, протекающих в пойменных берегах. Скорости размыва берегов этих рек связаны с высотой поймы и, как показывают исследования, уменьшаются у низких пойм [7]. На малых реках Удмуртии интенсивнее размываются наиболее высокие пойменные берега – коэффициент корреляции равен 0.854. Связь аппроксимируется линейным уравнением:

Скорости размыва берегов выше и ниже мостов их переходов

Ключевой участок	Среднегодовые скорости размыва, м/год	
	выше моста	ниже моста
р. Ита п. Зура	0.10–0.15	0.25–0.4
р. Лып д. Сосновый Бор	0.01–0.1	0.5–0.9
р. Гольянка с. Гольяны	0.1–0.2	0.3–0.5
р. Лудзинка с. Юськи	0.05–0.1	0.3–0.4

На р. Нылге (ключевой участок “Нылга”) скорости бокового смещения русла во время летних экспедиций определяются в двух местах: на излучине с безлесной поймой и на территории, густо покрытой древесной и кустарниковой растительностью. За 2004 г. в первом случае средняя скорость размыва составила 0.20 м/год, во втором – 0.10 м/год. На ключевом участке “Новокрещенка” (р. Пизь) лесистость поймы составляет более 90%, что препятствует интенсивной боковой эрозии: размыв отмечался лишь в первый год наблюдений (средняя скорость 0.2 м/год), в последующие четыре года берега были стабильны.

Современное состояние и развитие рек, помимо природных факторов, определяется степенью вмешательства в русловые процессы деятельности человека. На территории УР преобладают малые реки, степень антропогенного воздействия на которые ниже. Но малые реки гораздо быстрее и интенсивнее реагируют на природные и антропогенные изменения в бассейне. Часто на малых реках для сохранения запасов воды в летние месяцы возводят глухие земляные плотины. Во время весенних половодий многие из таких плотин прорываются; при этом резко увеличиваются скорости течения реки, активизируются русловые процессы. В 2003 г. сильный размыв берегового уступа был отмечен на р. Агрызке (бассейн р. Ижа), относящейся к группе очень малых рек, где максимальная скорость смещения берега составила более 8 м, что было связано с прорывом ватне расположенной плотины.

Строительство инженерных сооружений на берегах и в руслах рек, прокладка коммуникаций через реки приводят к изменению руслового режима. Одна из наиболее старых форм локального инженерного воздействия на русла – мостовые переходы. Мост является причиной стеснения потока половодья или паводка, что приводит к образованию волны подпора выше моста и волны спада – ниже моста. Это увеличивает удельный расход воды и способствует усилению общего размыва. Ниже мостов часто происходят резкие изменения морфологии русла и интенсификация горизонтальных деформаций. На некоторых ключевых участках ярко прослеживаются различия в интенсивности русловых деформаций выше и ниже мостовых переходов (табл. 3). Анализ табличных данных показывает, что скорости размыва берегов выше моста значительно меньше, чем ниже моста по течению.

Испытывая влияние антропогенного фактора, реки, в свою очередь, могут негативно вторгаться в жизнь людей. Самая высокая экологическая напряженность в речных долинах возникает в тех случаях, когда размываются речные берега. Под влиянием боковой русловой эрозии могут разрушаться инженерные сооружения, коммуникации, страдать населенные пункты, утрачиваться ценные сельскохозяйственные и лесные угодья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухова Л.Н. Развитие русловых процессов в условиях различных ландшафтов Удмуртии // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2003. С. 123–134.
2. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
3. Пахомова О.М. Горизонтальные русловые деформации и их связь с порядковой структурой речной сети // Геоморфология. 2002. № 3. С. 105–111.

4. Лохтин В.М. О механизме речного русла. СПб.: 1897.
5. Бастраков Г.В. Оценка и прогноз противозерозионной устойчивости склоновых земель. Брянск: Изд-во БГПИ, 1983. 45 с.
6. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеониздат, 1965. 328 с.
7. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
8. Перевоицков А.А. Скорости формирования современного пойменного аллювия (наилка) // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2003. с. 135–148.

Удмуртский госуниверситет

Поступила в редакцию
24.05.2006

HORIZONTAL CHANNEL DEFORMATION AND THEIR FACTORS ON THE RIVERS OF UDMURTIA

L.N. PETUKHOVA, I.I. RYSIN

S u m m a r y

Riverbed displacements at 55 test sites on the streams of different orders were analysed. The intensity of the riverbed score depends on different natural factors and human activity within the drainage basin.

УДК 551.435.646(234.9)

© 2006 г. Н.В. ХМЕЛЕВА, Б.Ф. ШЕВЧЕНКО

РОЛЬ ОСЫПЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ НАНОСОВ ГОРНЫХ РЕК И СВЯЗЬ ДИНАМИКИ ОСЫПЕЙ С СОЛНЕЧНЫМИ ЦИКЛАМИ (РЕЗУЛЬТАТЫ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ)

Среди источников формирования наносов горных рек значительная роль принадлежит гравитационным процессам, в ходе которых на склонах долин образуются осыпи. Развиты они не только в долинах горных рек, но и равнинных. При близком расположении их шлейфов к рекам вследствие большой интенсивности увеличения объема обломочного материала нижние участки осыпей часто оказываются в сфере деятельности речных потоков и при размыве пополняют их наносами. Нередко осыпи являются потенциальными объектами негативных явлений вплоть до селевых.

Вследствие высокой динамики осыпи раньше других форм рельефа явились объектом эпизодических наблюдений, которые проводились на Алтае с применением простых методов фиксации [1]. Стационарные наблюдения за осыпями относятся к 40-м годам XX в., когда впервые было начато изучение их динамики в горах Тянь-Шаня [2]. В 1960–70 гг. возрастает интерес к стационарным исследованиям в разных регионах. Тогда же с целью выявления механизма формирования осыпей и наблюдений за их механизмом начали применяться повторные фототеодолитные съемки [2–8].

Среди осыпей в зависимости от элементов, образующих их структуру, выделяют два типа. Осыпи – конусы представлены рытвиной в форме канала, дренирующей горный склон, по которому выносятся обломочный материал из образованного им конуса выноса. Второй тип – осыпь шлейфа подножия включает высокий уступ, образованный за счет выхода на поверхность скальных пород, и шлейф, формирующийся за счет поступающих обломков в процессе разрушения уступа.