

В. М. Павлейчик, кандидат географических наук

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

E-mail: pavleychik@rambler.ru

Ж. Т. Сивохиц, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник

Оренбургский государственный педагогический университет

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

E-mail: sivohip@mail.ru

Многолетняя динамика русловых процессов на примере среднего течения рек Урал и Сакмара

Проведен анализ пространственной динамики русловых процессов по фрагментам рек Урал и Сакмара за 1984—2015 годы на основе данных дистанционного зондирования среднего разрешения (спутники Landsat). Разработаны картографические изображения, позволяющие оценить масштабы эрозионной переработки берегов и выявить стадии развития меандр. На основе сопоставления (рр. Урал и Сакмара) полученных результатов сформулированы выводы о природных и антропогенных факторах пространственной динамики русловых процессов и о современных тенденциях в эволюции речных долин.

Ключевые слова: пространственная динамика, русловые процессы, Урал, Сакмара, Landsat.

Анализ динамики русловых процессов является одним из критериев, на основании которого возможно сформулировать выводы о различного рода трансформациях параметров стока, происходящих в бассейне реки. Подобные преобразования могут быть обусловлены эволюцией речных систем, изменением общих климатических и гидрологических условий либо иметь антропогенное происхождение. Пространственная динамика русловых процессов достаточно хорошо изучена применительно к отдельным рекам либо регионам [3, с. 142; 2, с. 60; 4, с. 19; 6, с. 53 и др.]. По рекам бассейнов Волги и Урала (в пределах Оренбургской области) весомые научно-практические результаты по русловой динамике и оценке негативных последствий были получены РосНИИВХ при подготовке отчета «Исследование водного режима и русловых процессов...» [5, с. 80—126].

В качестве объекта исследования нами рассмотрены отрезки рек Урала (от с. Залужье) и Сакмары (от с. Красносакмарск) в их среднем течении, на участке, где речные долины расположены параллельно друг другу, до места слияния. Незначительная удаленность определяет близкие геоморфологические условия, что отражается в определенном сходстве строения долин. На всем протяжении рассматриваемые сегменты рек относятся исключительно к широкопойменному морфодинамическому типу русла, в составе которого преобладает подтип «свободных излучин» (около 85% для Урала и 75% для Сакмары). Коэффициент извилистости также идентичен — 1,74 (299/172 км) и 1,73 (351/202 км) соответственно. Морфогенетическое сходство этих сегментов дополняется близкими показателями речного стока в среднегодовом исчислении, с практически постоянным (в среднем за многолетний период около 440 м³/с) преобладанием расходов р. Сакмары, главным образом за счет весеннего стока. Сопоставимость значений стока при столь различных площадях бассейнов рек Урала и Сакмары до их слияния (82,3 тыс. км² и 31,0 тыс. км² соответственно) объясняется крайне неоднородными условиями формирования стока.

В аспекте геодинамической активности русловых процессов особое значение имеет сезонное распределение стока, особенно в период весеннего половодья. В этом отношении рассматриваемые реки значительно различаются. Сток р. Сакмары за период половодья (апрель-май) в среднем за многолетний период составляет 65% от годового стока, а Урала — лишь

40%. В летне-меженный период Урал более обилен за счет обширного водосбора и количества притоков, что выравнивает внутригодовую амплитуду его стока. Также значительны различия в падении русла по отметкам уреза, составляющие 107 м у р. Сакмара и лишь 59 м у р. Урал. Таким образом, анализ пространственной трансформации положения русел рек Урала и Сакмары за относительно большой временной период позволяет выявить значение природных условий и, отчасти, антропогенных факторов в активности геодинамических процессов.

Основным источником информации стали снимки спутников Landsat за 1984 и 2014 годы, таким образом, временной охват составляет 30 лет. Несмотря на относительно невысокое разрешение (30 м), контрастный тон речных русел позволяет идентифицировать положение рек и, соответственно, оценить динамику русловых процессов. На отдельных участках рассматривались разновременные и более детальные снимки, доступные в сервисе Google Earth. В результате визуальной идентификации положения русла был подготовлен геоинформационный слой, позволивший выявить основные особенности русловых процессов.

Эволюция речных долин неразрывно связана с русловыми процессами, имеющими два вида направленности, во многом обусловленных динамичностью водного потока, определяющего преобладание процессов аккумуляции либо выноса аллювиальных отложений: 1) смещение русла в результате боковой эрозии, наиболее динамично проявляющееся в излучинах (меандрах), и 2) спрямление русла.

Боковая эрозия и развитие меандр. Анализ полученных пространственных данных позволил выявить повсеместную многолетнюю тенденцию роста речных излучин на основе оценки параметров смещения береговой линии и прилегающих прибрежных уступов в результате эрозионной переработки берегов. Эрозионному воздействию водного потока подвержены преимущественно участки со свободно меандрирующим руслом, нередко представляющие угрозу для хозяйственно-бытовой и промышленной инфраструктуры.

В ходе исследований выявлено, что подавляющее большинство смещений направлено на рост излучин за счет боковой эрозии. В среднем повсеместный рост излучин оценивается примерно в 80—100 м за 30 лет, то есть 2,5—3,0 м в год. На отдельных активно развивающихся излучинах отмечены максимальные значения смещения русла, достигающие 300—350 м (или 10—11,5 м в год).

Наибольшей переработке подвержены прирусловые уступы, сложенные рыхлыми породами, независимо от типа происхождения разрушаемых элементов (коренной берег, терраса, высокая пойма) и превышения над уровнем зеркала. Очевидно, что наиболее высокими темпами эрозионное вымывание пород происходит в периоды весеннего половодья, когда потоки воды оказывают воздействие на более высокие уровни приречных обрывов. Значительные объемы поступающей к излучинам воды позволяют не только разрушать, но и быстро выносить рыхлые отложения от разрушаемого участка. В это время создаются условия для формирования на поверхности наиболее высоких уступов системы вертикальных гравитационных трещин (трещины отседания), разбивающих породы на отдельные блоки, частично обрушающиеся в меженные периоды по типу оползней. По мере снижения уровня вплоть до межженного водные потоки становятся способными размывать лишь прибрежную осыпь, поэтому в летнее время значительных смещений береговой линии не наблюдается.

В качестве одного из примеров наиболее активного развития речных излучин приведем схему пространственной динамики русла реки Урал у с. Пехотное, подготовленную по двум снимкам Google Earth (2003 и 2013 г.) и более раннему (1985 г.) снимку спутника Landsat (рис. 1). Расчеты показывают, что максимальное смещение на этой излучине за 30-летний период составило 320 м, или в среднем около 11 м в год.

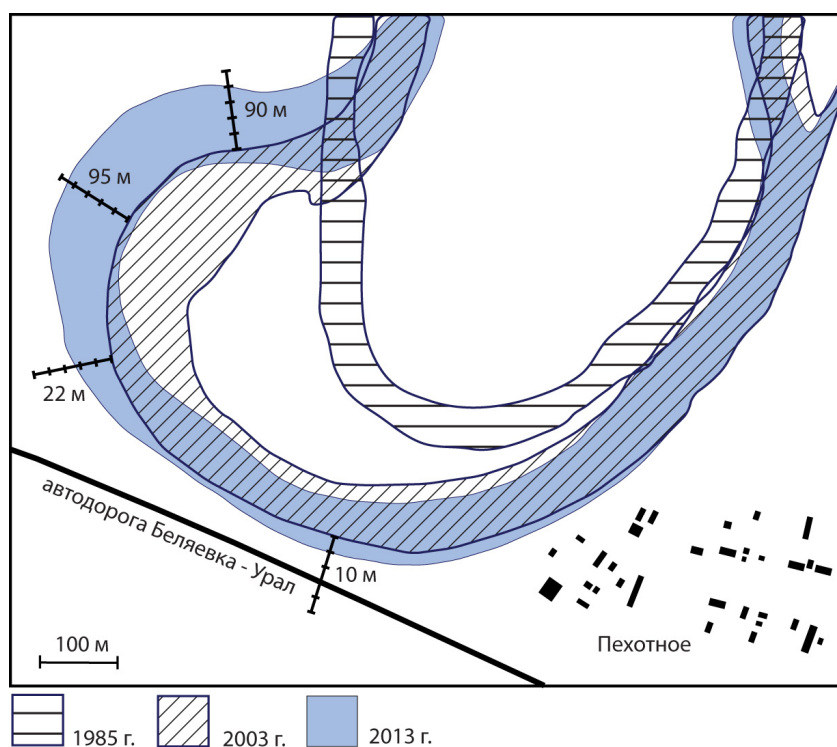


Рис. 1. Проявление боковой эрозии на р. Урал (у с. Пехотное)

Выявленная для среднего течения Урала и Сакмары тенденция повсеместного развития речных излучин может свидетельствовать об определенном этапе эволюции и возможной трансформации современных условий водного режима рассматриваемых рек. В целом усиление показателей меандрирования русла может быть обусловлено совокупным влиянием нескольких факторов: а) длительным периодом отсутствия лет с многоводным весенним половодьем; б) сезонным перераспределением стока Ириклинским водохранилищем на р. Урал [8, с. 44—45]; в) общерегиональной тенденцией перераспределения внутригодового стока в сторону увеличения зимне-меженного стока [7, с. 56].

Спрявление русла. Отдельно были отмечены участки, соответствующие заключительной стадии развития речных меандр и проявляющиеся спрявлением русла за счет краткосрочного размыва аллювиальных отложений между меандрами, либо за счет прежних ложбин стока и старичных озер. На основе полученной схемы положения русла в 1984 и в 2014 годах определены локальные участки поймы, в пределах которых наблюдалась перестройка системы поверхностного стока. Выделенные участки дифференцировались по степени завершенности процесса: а) участки со свершившейся за 30 лет трансформацией (старое русло пересохло либо представляет собой старичное озеро, соединяющееся с руслом в периоды весеннего половодья); б) участки на начальной стадии трансформации, свершившейся в последние годы, но имеющие тенденцию к быстрому завершению перестройки; в) относительно стабильные участки бифуркации русла с образованием островов между равноценными протоками (районы потенциальной «отложенной» перестройки); г) предполагаемые места прорыва участков между излучинами.

Если в развитии излучин Урал и Сакмара имеют общие тенденции, то в русловой перестройке они значительно различаются. Так, если на Сакмаре отмечается 18 случаев законченной стадии развития излучин за последние 30 лет, то на Урале — ни одного. Сходные значения имеют участки с начальной стадией трансформации (по 2) и раздвоением русла с относительно постоянными равнозначными протоками (по 1). Являясь в большинстве случа-

ев закономерным заключительным этапом развития меандр, подобные явления способствуют значительному спрямлению русла.

Таким образом, на Урале преобладают процессы, указывающие на существенную однонаправленную тенденцию «старения» русла, выражающуюся в усилении меандрирования. Совершенно иная ситуация складывается на Сакмаре, где процессы развития меандр на протяжении всего рассматриваемого участка доходят до завершающей стадии, проявляющейся в спрямлении русла, и имеют циклический характер. Площади и количество трансформаций положения русла приведены в таблице 1.

Таблица 1

Площадные и количественные параметры пространственных русловых трансформаций в секторах среднего течения Урала и Сакмары

	Урал		Сакмара	
	кол-во	км ²	кол-во	км ²
Рост вершин излучин	110	8,83	107	10,97
Русловые преобразования (смыкание излучин):				
- завершенные	0	0	17	10,93
- незавершенные	2	4,04	2	1,13
- равнозначные протоки (с долговременными островами)	1	12,59	1	2,15

Также отмечены различия в направлении смещения русла в результате боковой эрозии и смыкания излучин относительно сторон берегов. Если для Сакмары направления смещения практически одинаковы (11,72 км² к правому берегу и 12,33 км² к левому), то Урал характеризуется отчетливым смещением к левому берегу (2,46 км² и 5,17 км² соответственно). Отмечаемая асимметрия в направлениях смещения русла р. Урал пока не имеет объяснения.

Указанные трансформации являются процессом, протекающим исключительно в пойме реки. Тем не менее в некоторых случаях они могут являться рисками для функционирования хозяйственной, в первую очередь транспортной, инфраструктуры. Подобная перестройка русла реки на участках дорожной сети, пересекающей поймы рек, может привести к необходимости увеличения пропускной способности дамб и строительству новых инфраструктурных объектов (мостов, защитных дамб и др.). Помимо этого, такой вид динамики русловых процессов на локальных участках может возобновить (либо активизировать) развитие меандр.

Несмотря на высокую пространственную динамичность русловых процессов, случаи, когда разрушение береговых уступов потенциально могло принести значимый ущерб, единичны. Подобные участки достаточно обследованы и известны благодаря проводимым исследованиям в рамках регионального мониторинга за экзогенными процессами [5, с. 121]. Некоторые из отмеченных участков представляют собой значимую угрозу для целостности важных инфраструктурных объектов и требуют подготовки инженерных решений о вариантах берегоукрепления либо о переносе объектов.

Заключение и выводы

1. Пространственное разрешение снимков Landsat (30 м) позволяет оценивать долговременные однонаправленные тенденции в развитии русловых процессов и крупные перестройки системы речного стока. Для более точных наблюдений на ключевых участках необходимо использовать снимки с высоким разрешением в сочетании с наземными методами мониторинга.

2. Выявленная тенденция роста вершин излучин рек Урал и Сакмара в их среднем течении свидетельствует о различиях в условиях поверхностного стока и об особенностях в эволюции речных долин. Для реки Урал это указывает на преобладание однонаправленных процессов «старения» русла, выражающихся в усилении параметров извилистости в результате преобладания аккумуляции аллювиальных отложений над их выносом. Для Сакмары

одновременно отмечаются и заключительные стадии развития излучин, приводящие к спрямлению русла, что может свидетельствовать о более значительной устойчивости (естественности) условий поверхностного стока.

3. Существующий и потенциальный рост излучин, как и другие русловые трансформации, должны учитываться при проведении любых строительных и горных работ в поймах рек и на коренных берегах, сложенных рыхлыми отложениями. Берегоукрепительные мероприятия (включая лесомелиорацию и нормирование отдельных видов природопользования) должны проводиться задолго до возникновения потенциальных угроз.

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики ИС УрО РАН «Стены России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» и проекта Комплексной программы УрО РАН № 15-12-5-50 «Анализ антропогенных воздействий на природные геосистемы Заволжско-Уральского региона и разработка методов сохранения ландшафтного и биологического разнообразия в процессе природопользования».

Список использованной литературы

1. Алексеевский Н. И. Формирование и движение речных наносов. М. : Изд-во МГУ, 1988. 202 с.
2. Баровский Н. А. Гидролого-морфодинамический анализ свободно меандрирующих русел на разных стадиях их развития // Геоморфология. 2005. № 4. С. 54—63.
3. Бутаков Г. П., Назаров Н. Н., Чалов Р. С., Чернов А. В. Условия формирования русел и русловые деформации на реках бассейна р. Камы // Эрозионные и русловые процессы. М. : МГУ, 2000. Вып. 3. С. 138—148.
4. Завадский А. С., Каргаполова И. Н., Чалов Р. С. Стадии развития свободных излучин и их гидролого-морфологический анализ // Вестник МГУ. Сер. 5, География. 2002. № 2. С. 17—22.
5. Исследование водного режима и русловых процессов бассейнов рек Урал и Волга на территории Оренбургской области и разработка научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и противопаводковой защите : отчет / ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург, 2014. 201 с.
6. Левашова И. А., Левашов А. А. Оценка и прогноз русловых деформаций в связи с изменением гидрологического режима // Моделирование и прогнозы гидрологических процессов. СПб., 1992. С. 50—56.
7. Сивохин Ж. Т., Падалко Ю. А. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Известия РАН. Сер. геогр. 2014. № 6. С. 53—61.
8. Чибилёв А. А., Павлейчик В. М., Дамрин А. Г. Ириклинское водохранилище: геоэкология и природно-ресурсный потенциал. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 183 с.