

МАЛЫЕ РАЗМЕРЫ РУСЕЛ РЕК В ГОЛОЦЕНЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

А.Ю.Сидорчук

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: sidorchuk@mtu-net.ru

ВВЕДЕНИЕ

Н.И. Маккавеев с соавторами отметили [8], что в изменении морфологии речных излучин на реках выделяются как этапы существования меандров большего размера, чем современные, так и этапы формирования более мелких, чем современные, излучин. Если большим меандрам посвящена довольно значительная по объему литература [5], то исследования малых излучин гораздо менее многочисленны: кроме вышеуказанной работы Н.И. Маккавеева с соавторами [8] упоминание о малых излучинах находим у Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова [3] и у А.В. Чернова, Л.М. Гаррисон [6]. Анализ высокоточных космических изображений показывает, что малые излучины столь же широко распространены на равнинах Северной Евразии, как и большие меандры. Существенное уменьшение размеров рек на обширной территории на некотором этапе (или этапах) развития вероятно связано со значительными изменениями их водоносности и/или гидрологического режима. Такие эффекты могут быть связаны с изменениями климата и характера землепользования в прошлом. Они могут служить аналогами подобных изменений в будущем в условиях глобального изменения климата и увеличения антропогенной нагрузки на ландшафт.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МАЛЫХ РЕЧНЫХ ИЗЛУЧИН НА РАВНИНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Настоящий анализ проведен на основе изучения космических изображений, полученных со спутника Ландсат-7. На поймах рек обычно отчетливо читаются веера блуждания древних русел, хорошо выражены системы староречий. Такие морфометрические характеристики древних русел, как средняя ширина русла и шаг излучин, оцениваются достаточно достоверно. Многие из систем древних русел имеют ширину и шаг излучин меньше, чем у современных русел. В большинстве случаев это связано с формированием пойменной многорукавности, образованием пойменных протоков, воложек, покоев, ериков и т.п., размеры которых меньше размеров основного русла и могут варьировать в самых широких пределах. Такие морфологические элементы не могут напрямую использоваться для палеогидрологических реконструкций.

Однако на большом количестве участков речных долин малые размеры староречий и вееров блуждания древних русел трудно объяснить эффектами пойменной многорукавности. Обычно такие участки приурочены к областям относительного сужения поймы, для которых многорукавность не характерна. Наиболее очевидным признаком меньшего размера всего русла в прошлом является общее спрямление с увеличением шага излучин. Иногда следы единого древнего меандрирующего русла прослеживаются как на правобережных, так и на левобережных массивах поймы, а современное русло с более крупными излучинами занимает осевое положение (рис. 1). В других случаях следы единого древнего меандрирующего русла прослеживаются в основном на одностороннем массиве поймы, часто на участках с односторонней поймой и прижатым к коренному (террасовому) берегу руслом [6].

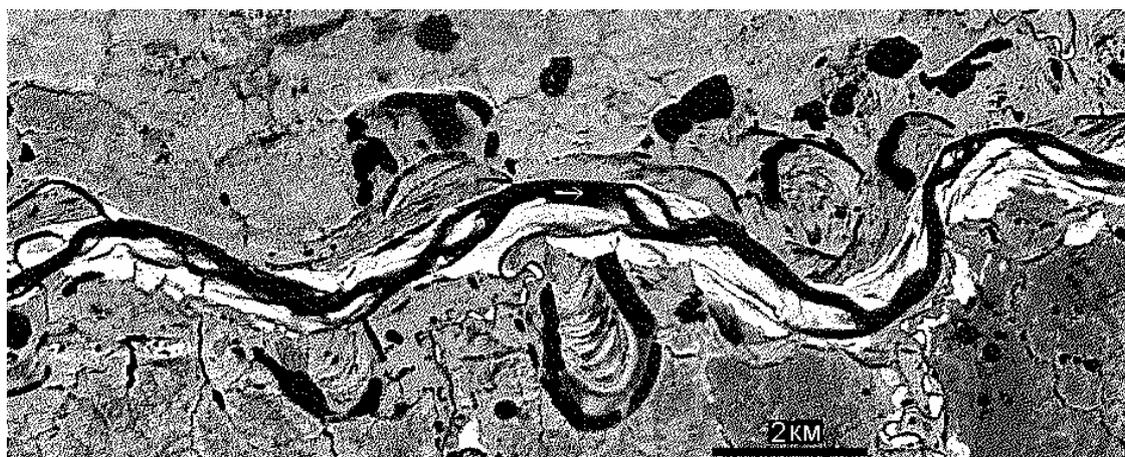


Рис. 1 Трансформация русла р. Хадуттэ (приток нижнего Пура, Западная Сибирь) из крутомеандрирующего с малыми излучинами в пологомеандрирующее с большими излучинами и побочными.

После рассмотрения всей территории равнин северной Евразии на космических изображениях удалось выделить 24 участка, где на пойме достоверно выделяются следы единого древнего меандрирующего русла с шагом излучин меньше, чем у современного русла (табл. 1). Они имеют самое широкое распространение. В зоне тундры таких участков не обнаружено, но лесотундре малые древние русла представлены (р. Хадуттэ, рис. 1). Наибольшее количество таких участков выделяется в лесной зоне, в основном, в хвойных лесах. Но они есть и в зоне широколиственных лесов (р. Десна), и в лесостепи (р. Иртыш у Омска), и в степи (реки Дон и Северский Донец). Большинство участков приходится на Восточно-Европейскую равнину и на Западносибирскую низменность, но они есть и на низменностях восточной Сибири (р. Тюнг), и в низовьях Яны.

Соотношение размеров современных и древних русел можно установить по ряду морфометрических показателей: шагу излучин λ , ширине русла W , и пр. (табл. 1). Соотношение шагов излучин изменяется от 1,2 до 2,9, соотношение ширин – от 1,0 до 2,1. Удобно свести оба эти морфометрических показателя в один, в приведенную ширину $W^* = (W + \lambda/k_\lambda)/2$, где коэффициент $k_\lambda = 5.7$. Соотношение приведенных ширин изменяется на разных реках от 1,3 до 2,3 (табл. 1). Хотя количество исследованных участков и невелико, прослеживается общая тенденция к уменьшению этого соотношения с севера на юг и с запада на восток (рис. 2).

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАЛЫХ РУСЕЛ

Н.И. Маккавеев с соавторами [8] полагали, что малые русла трансформировались в силу значительных изменений характера землепользования – вырубki лесов в бассейнах Оки и Вычегды, распашки земель в верховьях Оби. Исходя из этой работы, малые русла существовали еще в прошлом столетии. Однако у Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова [3] находим оценку времени начала трансформации русла средней Вычегды (увеличение кривизны излучин в 1,5 раза) около 1850 лет назад – в последний цикл увеличения гумидности климата по Шнитникову. А.В. Чернов и Л.М. Гаррисон [6] по споро-пыльцевым данным оценивают время формирования меандрирующего русла верхней Оби 6,5-3 тыс. лет назад, после чего здесь произошла трансформация русла в многорукавное. Наши радиоуглеродные датировки по низовьям Яны дают близкую оценку – малое меандрирующее русло формировалось здесь 7-5,4 тыс. лет назад.

Таким образом, более вероятным периодом существования малых русел является средний голоцен.

Таблица 1. Характеристики русел рек, на которых выделены фрагменты палеорусел с малыми меандрами

Река	с. ш	в. д	Современное русло		палеорусло		λ_c / λ_{II}	W_c / W_{II}	W^*_c / W^*_{II}
			λ_c м	W_c м	λ_{II} м	W_{II} м			
Хадутгэ	67,5	76,3	2570	636	1543	362	1,7	1,8	1,7
Нгарка-Табьяха	66,6	76,6	971	188	709	144	1,4	1,3	1,3
Яна	70,0	135,5	4434	831	2718	438	1,6	1,9	1,8
Вычегда	61,3	46,9	6000	1100	3500	600	1,7	1,8	1,8
Виледь	61,3	47,0	575	114	216	44	2,7	2,6	2,6
Луза	60,6	48,1	1255	187	790	140	1,6	1,3	1,5
Сысола	63,5	50,7	1103	201	449	95	2,5	2,1	2,3
Печора	63,9	57,3	6662	603	2900	425	2,3	1,4	1,9
Иртыш, устье	61,0	68,9	4498	555	3810		1,2		
Газ	63,7	84,4	630	110	431		1,5		
Тюнг	63,9	121,5	1781	261	1038	298	1,7	0,9	1,2
Сура	55,9	46,2	2495	266	863	161	2,9	1,6	2,3
Ветлуга	56,4	46,3	1635	242	892	225	1,8	1,1	1,4
Вятка	55,7	51,4	5175	494	2384	331	2,2	1,5	1,9
Тобол	57,7	67,2	1642	253	1145		1,4		
Иртыш у Омска	57,5	72,6	2937	361	1664	315	1,8	1,1	1,4
Васюган	59,1	76,9	774	97	330	106	2,3	0,9	1,4
Чулым	56,3	90,4	1128	200	644	183	1,8	1,1	1,3
Днепр	55,0	33,0	751	116	324	111	2,3	1,0	1,5
Десна	52,6	34,0	1096	123	483	75	2,3	1,6	2,0
Северский Донец	48,3	40,2	1434	182	829	135	1,7	1,4	1,5
Дон	49,6	42,6	2315	255	1366	227	1,7	1,1	1,4
Чарыш	52,1	82,6	1092	188	825	185	1,3	1,0	1,2
Обь	53,5	83,1	4380	798	3217	571	1,4	1,4	1,4

Наиболее полные данные о голоценовой трансформации речных русел имеются по нижней Вычегде [4]. Современное разветвленно-извилистое русло Вычегды имеет ширину 1100 м, глубину на перекатах при руслонаполнении 7—9 м, шаг пологих извилин русла 6000 м, уклон 0,07 — 0,08 ‰. Русловой аллювий представлен мелким и средним песком, иногда с гравийно-галечной отмосткой на перекатах и в плесах. Пойма сложена тонким и мелким песком, перекрытым с поверхности тонким (0.5-1.0 м) слоем суглинка.

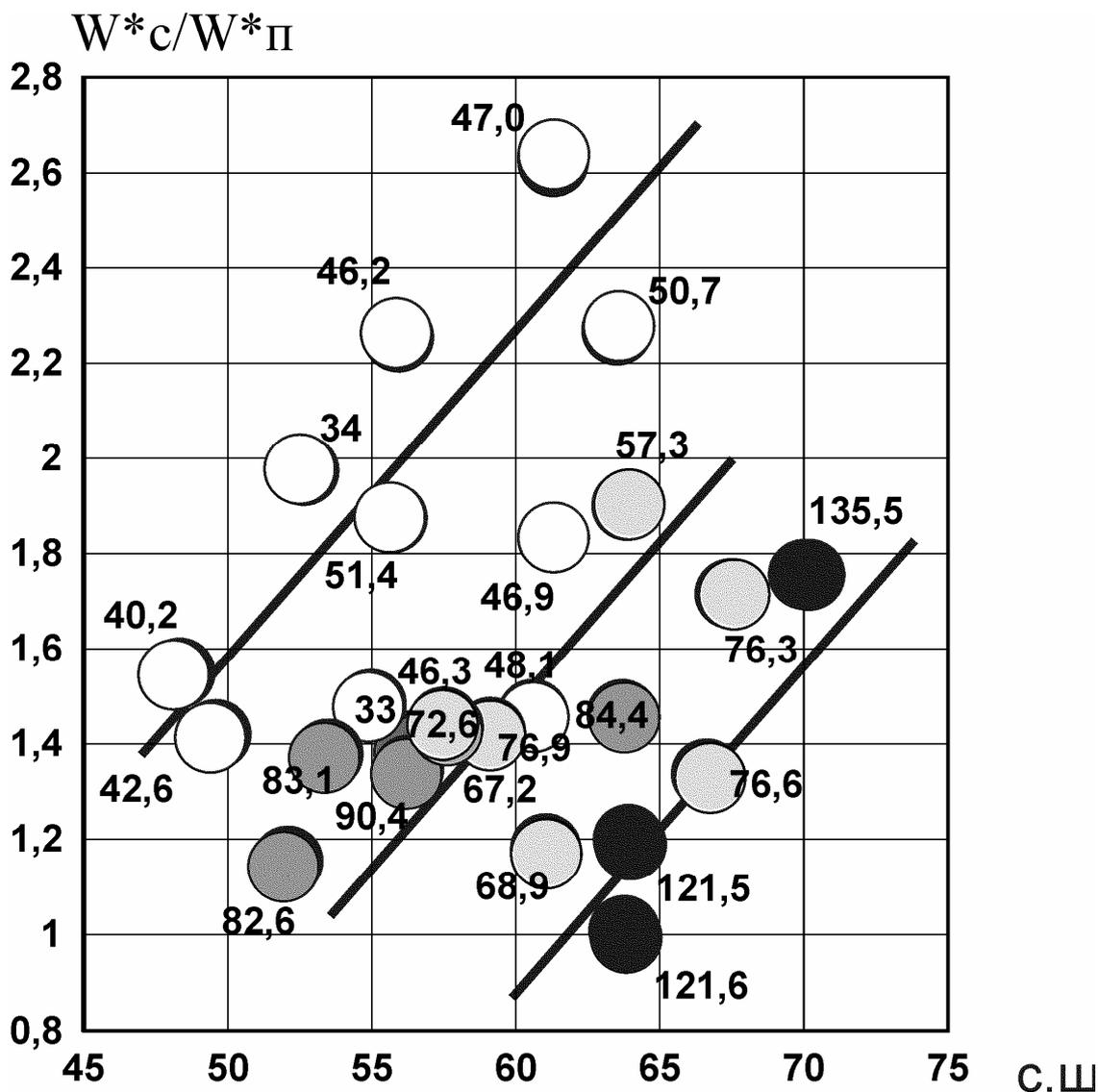


Рис. 2. Связь степени трансформации малых излучин и географических координат участка реки. Цифрами показаны градусы восточной долготы. Черные кружки относятся к Восточной Сибири, серые – к Западной Сибири и белые – к Восточно-Европейской равнине.

На поверхности I надпойменной террасы сохранились фрагменты меандрирующих палеорусел со средней шириной 600 м (1,8 раза меньше современной) и шагом излучин 3500 м. Уклон палеорусел составлял 0,07 — 0,08 ‰. Палеоруслу заполнены тонким заиленным песком, суглинком и торфом, общая мощность заполнения - до 3,5 м. Органические остатки в верхних слоях русловых тонких песков возрастом 8120 ± 50 лет (Ki-6404) фиксируют начало заполнения этих палеорусел. Малые староречья хорошо читаются также на пойме малых притоков Вычегды. Так, на р. Виледи — левом притоке Вычегды ширина русла и шаг излучин, образованных 7700 лет назад (согласно датировке Ki-6411), в 2,6 раза меньше современных.

Условия формирования палеорусел нижней Вычегды в голоцене восстановлены на основании детального палинологического анализа флювиальных отложений. Для времени формирования самого малого палеоруслу гидрологическим аналогом являются реки восточной части южной

тайги. Неравномерность стока была невысокой и сильная изогнутость грив, малые ширина и шаг извилин русла показывают, что водоносность пра-Вычегды была низкой. Среднегодовой расход воды, судя по ширине палеорусел, составлял $440 \text{ м}^3/\text{с}$, среднемаксимальный расход воды $-3750 \text{ м}^3/\text{с}$. Это почти в три и два раза, соответственно, меньше современных значений. Годовой слой стока составлял 115 мм, из них 90 мм приходилось на период половодья. Это соответствует слою годовых осадков в 555 мм, которые примерно поровну разделялись между зимне-весенним и летне-осенним периодами. Максимум сухости и минимальный сток воды на Вычегде приходился на оптимум голоцена примерно 6000 лет назад. В это время увеличилась внутригодовая неравномерность стока, что вызвало некоторое увеличение размеров русла.

Исследования по нижней Вычегде показывают, что формирования малых меандрирующих русел может происходить в разных условиях. Это явление проявляется при относительно малых осадках и высоком испарении, когда уменьшается годовой слой стока и среднегодовой расход воды. Не менее существенно для формирования малых меандрирующих русел уменьшение внутригодовой неравномерности стока, когда уменьшается максимальный расход воды. При этом годовой слой стока и среднегодовой расход воды могут быть неизменными или даже несколько увеличиваться. Соответственно, увеличение размеров русла и шага излучин может быть вызвано как увеличением годового слоя стока за счет увеличения разности осадки/испарение, так и за счет увеличения внутригодовой неравномерности стока. Как показывают данные по нижней Вычегде, эти два фактора изменения морфологии русла взаимосвязаны слабо и могут проявляться в разных сочетаниях, увеличивая или уменьшая морфологический эффект.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛЫХ СРЕДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ РУСЕЛ

Изменение водоносности и гидрологического режима рек Северной Евразии за последние десятилетия зафиксировано многими исследователями (см. доклады VI Всероссийского гидрологического съезда), обычно эти изменения связываются с глобальным антропогенным потеплением климата. Фиксируется [7] общее уменьшение внутригодовой неравномерности стока за счет увеличения стока межени как на фоне общего уменьшения годового стока (бассейны Днепра и Дона), так и его увеличения (бассейн Волги и др.). И в том, и в другом случае складываются условия, благоприятные для уменьшения размеров речных русел, особенно в регионах с уменьшением годового стока. Обработка данных прогнозного моделирования циркуляции атмосферы для условий антропогенного увеличения содержания парниковых газов в тропосфере на Восточно-Европейской равнине [2] показывает как общее прогнозируемое уменьшение водоносности рек в середине и конце XXI века, так и существенное снижение величины половодья, что приводит к уменьшению внутригодовой изменчивости стока.

По мнению исследователей палеоклиматов [1], оптимум голоцена является климатическим аналогом глобального антропогенного потепления при увеличении средней температуры на 1°C . В таком случае палеорусловые исследования морфологии малых русел этого периода дают возможность независимой проверки предлагаемых прогнозов изменения водоносности и режима рек для середины XXI века. Например, сравнение табл. 1 с рис. 6.3.2 и 7.3.5 из монографии Кислова с соавторами [2] показывает, что качественно уменьшение водоносности и неравномерности стока на прогнозных картах для середины XXI века не противоречат информации о морфологии палеорусел середины голоцена. Но согласно прогнозам, и годовой сток, и его внутригодовая неравномерность в меньшей степени уменьшатся на севере равнины и

в существенно большей степени – на ее юге. Это противоречит пространственным трендам в соотношениях размеров малых голоценовых и современных русел: изменения были более значительными на севере, чем на юге (см. рис. 2).

Каким будет пространственное распределение величины уменьшения размеров речных русел в условиях антропогенного потепления климата сказать трудно, но вероятность самого этого явления достаточно велика. Изменение размеров русла, ширины пояса меандрирования и положения зон размыва берегов русла скажется на всех отраслях хозяйства, связанных с использованием русел рек и прирусловой области речных берегов. Можно ожидать изменений условий судоходства, работы гидротехнических и инженерных сооружений, увеличение угрозы разрушения построек на речных берегах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзенкова И.И. Эмпирическая палеоклиматология: состояние проблемы и методы исследования. В кн.: Изменение климата и их последствия. Спб.: Наука, 2002
2. Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М., Соколихина Н.Н., Суркова Г.В., Торопов П.А., Чернышев А.В., Чумаченко А.Н. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века. М.: Макспресс, 2008.
3. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Некоторые особенности дна долин больших рек, связанные с периодическими изменениями нормы стока. В кн.: Ритмы и цикличность в природе. М.: Мысль, 1970
4. Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Чернов А.В., Борисова О.К., Ковалюх Н.Н. Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в поздневалдайское время и в голоцене (по данным палеоруслового анализа). В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, М.: Изд-во МГУ, 2000, вып. 12
5. Сидорчук А. Ю., Панин А. В., Борисова О. К. Климатические изменения стока воды рек на равнинах Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене. Водные ресурсы, 2008, т. 35, №4
6. Чернов А.В., Гаррисон Л.М. Палеогеографический анализ развития русловых деформаций широкопойменных рек в голоцене (на примере вехней и средней Оби). Бюлл. МОИП, отд. геол., 1981, т. 5, вып. 4
7. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата. VI Всероссийский гидрологический съезд, доклады. Секция 3, Часть II, М.: Росгидромет, 2008
8. Экспериментальная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1969, Вып.2.