Среднеголоценовый этап пониженной водоносности рек и его выражение в морфологии речных излучин

А.Ю.Сидорчук

Введение

Н.И. Маккавеев с соавторами отметили (Экспериментальная…, 1969), 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 (рис. 1). Если большим меандрам посвящена довольно значительная по объему литература (см. нашу статью в этом сборнике), то исследования малых излучин гораздо менее многочисленны: кроме вышеуказанной работы Н.И. Маккавеева с соавторами (1969) упоминание о малых излучинах находим у Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова (1970) и у А.В. Чернова и Л.М. Гаррисон (1981). Предлагаемая статья не претендует на какое-либо завершение темы, мы лишь пытаемся снова привлечь внимание исследователей к этой мало изученной проблеме. 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.

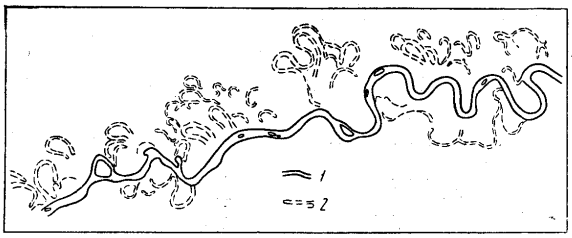

Рис. 15. Меандры-старицы на пойме, имеющие размеры меньшие, чем излучины современного русла:
1 — контуры современного русла; *2* — контуры меандр-стариц

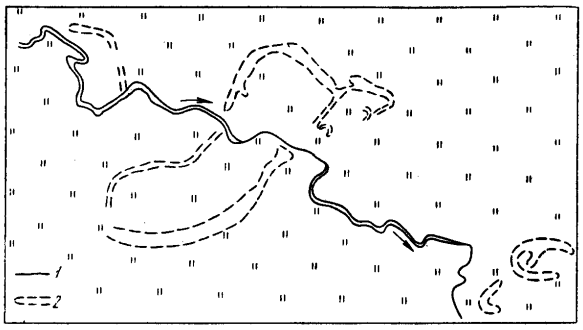

Рис. 16. Древние меандры-старицы на пойме:
1 — контуры современного русла; *2* — контуры меандр-стариц

Рис. 1 Малые и большие излучины палеорусел по Маккавееву и др., 1969

Распространение малых речных излучин на равнинах Северной Евразии

Настоящий анализ проведен на основе изучения космических изображений, полученных со спутника Ландсат-7 в начале 2000 гг. Так как разрешение космоснимков составляет 15 м/пиксель, то рассматривались в основном крупные и средние меандрирующие реки. На поймах таких рек обычно отчетливо читаются веера блуждания древних русел, хорошо выражены системы староречий. Такие морфометрические характеристики древних русел, как средние ширина русла и шаг излучин, оцениваются достаточно достоверно (см. соответствующий раздел с статье о больших излучинах в этом сборнике). 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 проток, воложек, полоев, 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. 2). В других случаях следы единого древнего меандрирующего русла прослеживаются в основном на одностороннем массиве поймы (рис. 3), часто на участках с односторонней поймой и прижатым к коренному (террасовому) берегу руслом. Конечно, в каждом конкретном случае необходим детальный анализ изменения морфологии русла, и этот анализ часто не лишен субъективизма.

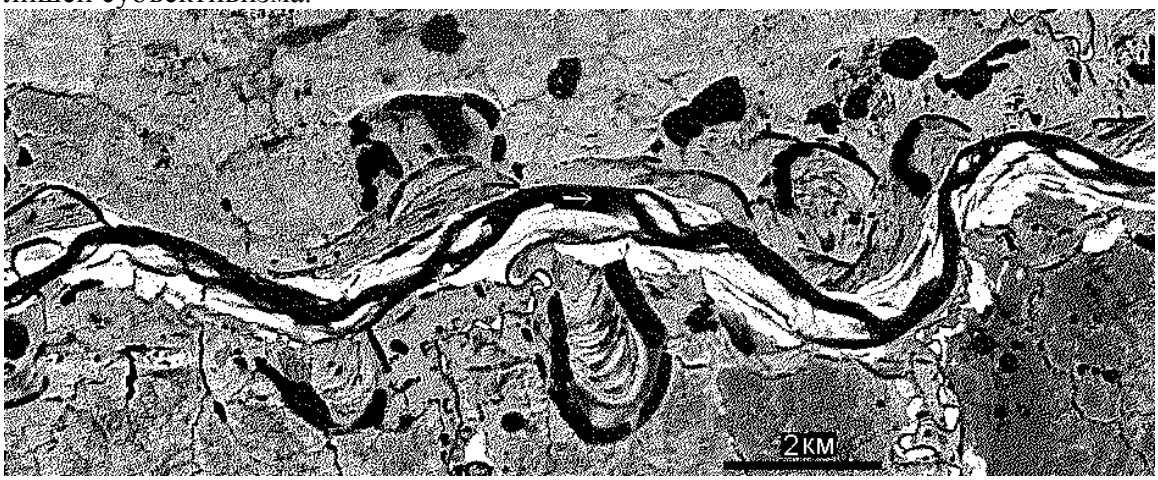

Рис. 2 Трансформация русла р. Хадуттэ (приток нижнего Пура, Западная Сибирь) из крутомеандрирующего с малыми излучинами в пологомеандрирующее с большими излучинами и побочнями.

Рис. 3 Трансформация русла верхней Оби с односторонней поймой из крутомеандрирующего с малыми излучинами в пологомеандрирующее с большими излучинами и побочнями. По А.В. Чернову и Л.М. Гаррисон (1981) это событие произошло около 3000 лет назад.

После рассмотрения всей территории равнин северной Евразии на космических изображениях нам удалось выделить 56 участков, где по нашему мнению на пойме достоверно выделяются следы единого древнего меандрирующего русла с шагом излучин меньше, чем у современного русла (рис. 4, табл. 1). Они имеют самое широкое распространение. В зоне тундры таких участков не обнаружено, но лесотундре малые древние русла представлены (р. Хадуттэ, рис. 2). 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 (рис. 5).

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

$$W_m^* = \frac{W_m + \lambda_m / k_\lambda}{2}$$

где коэффициент k_λ = 5.7 (см. статью по большим излучинам в этом сборнике). Отношение эффективных ширин изменяется на разных реках от 0,32 до 0,99. Хотя количество исследованных участков и невелико, видна общая тенденция к увеличению этого отношения как на север, так и на юг от северной широты 57-58º, и как на восток, так и на запад от восточной долготы 50º. Размеры древних малых русел наиболее существенно отличаются от размеров современных русел в бассейне Вятки и в бассейне среднего Иртыша. Крутизна древних излучин повсеместно была больше, чем современных. Прослеживается слабая тенденция к

увеличению отношения крутизны древних и современных излучин на восток и на запад от 50º восточной долготы (см. табл. 1).

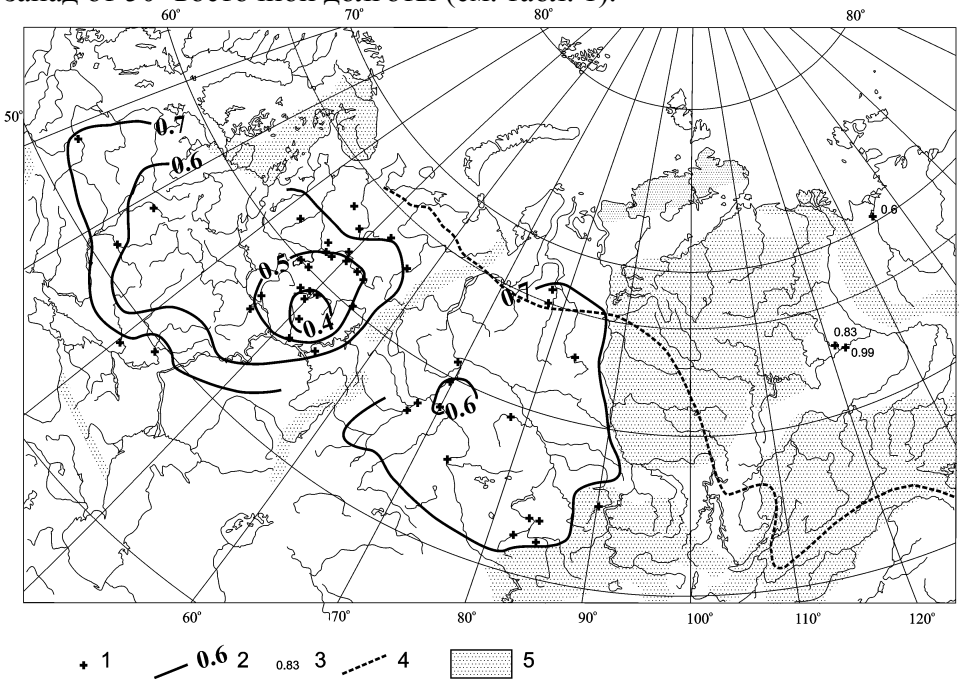

Рис. 4 . Распределение отношения среднеголоценовых и современных ширин русел на территории Северной Евразии: 1 – положение участков речных долин с малыми старицами; 2 – изолинии отношений древних и современных ширин; 3 – отдельные значения отношений древних и современных ширин; 4 – южная граница сплошной (с отдельными таликами) вечной мерзлоты, к северу от этой линии условия формирования стока воды мало менялись с позднеледниковья; 5 – области ограниченных русловых переформирований, где мало менялась морфология речных русел.

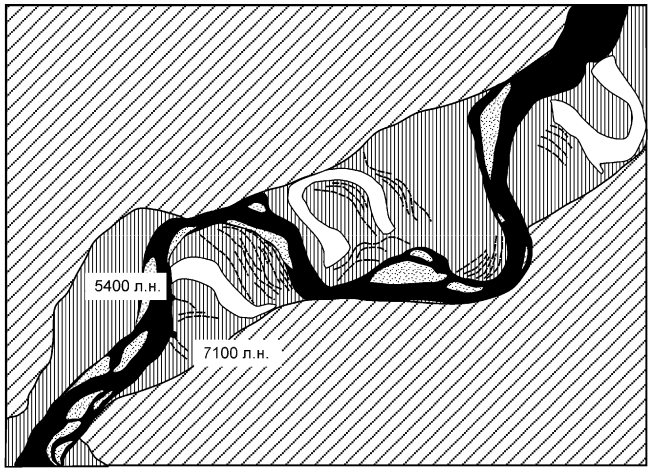

Рис. 5. Трансформация русла нижней Яны из крутомеандрирующего с малыми излучинами в крутомеандрирующее с большими излучинами. Радиоуглеродные датировки показывают, что русло с малыми излучинами формировалось здесь 7-5.5 тыс. радиоуглеродных лет назад.

Ландшафтно-климатические условия формирования малых русел

Н.И. Маккавеев с соавторами (1969) полагали, что малые русла трансформировались в силу значительных изменений характера землепользования – вырубки 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 (1970) находим оценку времени начала трансформации русла средней Вычегды (увеличение кривизны излучин в 1.5 раза) 1850 лет назад – в последний цикл увеличения гумидности климата по Шнитникову. А.В. Чернов и Л.М. Гаррисон (1981) по споро-пыльцевым данным оценивают время формирования меандрирующего русла верхней Оби (см. рис. 3) 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 (см. рис. 5). Таким образом, более вероятным периодом существования малых русел является средний голоцен.

Наиболее обширные данные о голоценовой трансформации речных русел имеются у нас по нижней Вычегде (Сидорчук и др., 1999, Сидорчук и др., 2000). Долина нижней Вычегды на приустьевом участке длиной 40 км расширяется с 8—10 до 35—50 км. Так как река врезалась здесь в аллювиально-дельтовые отложения подпрудного озера, выделяется несколько надпойменных террас и пойма сложного строения (рис. 6). Эти террасы можно сгруппировать в три комплекса — верхний, средний и нижний. На их поверхностях выделяются формы первичного рельефа: гривистые и гривисто-островные сегменты — бывшие шпоры излучин, гряды — бывшие острова, ложбины — палеорусла.

Все поверхности верхнего комплекса сильно заболочены, но их первичный пойменный рельеф, свойственный разветвленно-извилистому руслу, проступает сквозь солифлюкционный чехол. На самой старой поверхности черты меандрирующего палеорусла «А» прослеживается в основном по форме тылового шва II террасы. Ложбина палеорусла имеет ширину около 1200 м (табл. 2). Она полностью заполнена тонкими наносами и торфом, ее поверхность расположена на 6 – 7 м выше уровня современного затопления поймы. Палеорусло «А» не имеет прямой датировки. Его ложбину сечет небольшая древняя протока (см. рис.7), так что русло формировалось раньше этой протоки. Протока была активна ранее 9200 лет назад, так как заполняющий ее торф сформировался 8950±50 (МГУ-1454) и 9260±65 (Ki-6406) лет назад. Возраст торфа, заполняющего подобные палеорусла на II террасе Вычегды у пос. Гам и устья р. Локчим (средняя Вычегда) составляет 10500 -10900 лет (Потапенко, 1975, Арсланов и др., 1980). Отсюда следует, что наиболее древнее палеорусло Вычегды было активно в поздне- и послеледниковое время.

На самой молодой поверхности II террасы в районе г. Сольвычегодска хорошо сохранилось палеорусло «Б» в виде крутой излучины с островами и побочнями. Его ширина составляет 1300 м (в расширениях до 1,5 км), шаг излучин основного русла — около 6—7 км, шаг вторичной извилистости — 4 км. По данным бурения, глубины при уровнях руслонаполнения могли достигать 8—10 м на перекатах. Эти перекаты были сложены тонкими и мелкими песками.

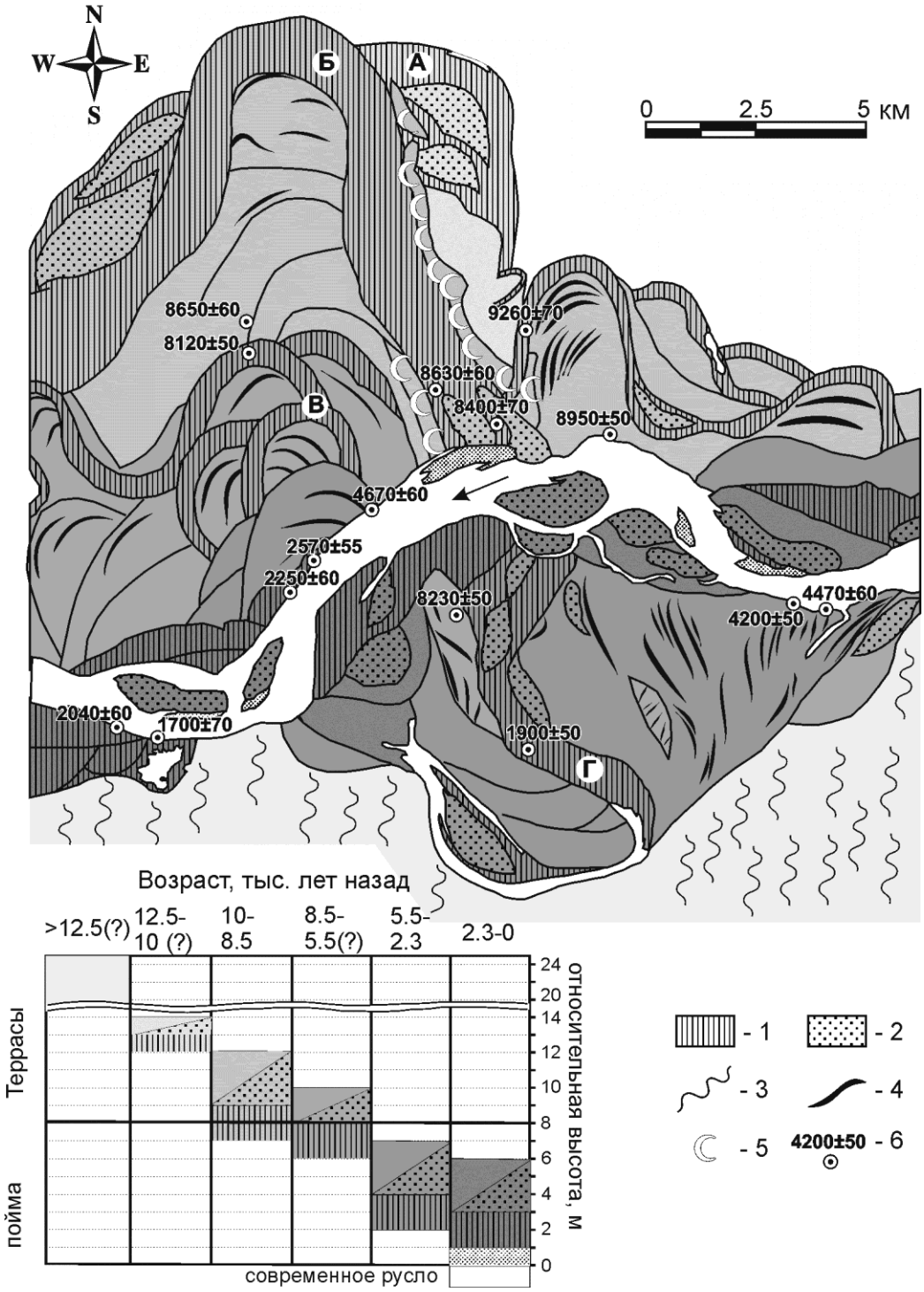

Рис.6. Комплекс аллювиальных террас и пойма нижней Вычегды. 1 - ложбины палеорусел; 2 - осередки и побочни; 3 - солифлюкционный покров; 4 - прирусловые гривы; 5 - эоловые дюны; 6 — точки отбора образцов и их радиоуглеродный возраст.

Органические остатки в верхних заиленных слоях этих песков отражают первые стадии заполнения палеорусла и имеют возраст 8630±60 лет (Ki-6405) и 8400±70

лет (Ki-6407), отложения на пойме периода формирования палеорусла имеют возраст 8650±60 лет (Ki-6413). Палеорусло «Б» заполнено тонким заиленным песком, суглинком и торфом мощностью 1.5-2.0 м на побочнях и осередках, и 4.0 - 5.0 м в русле на перекатах. Эти отложения не нивелируют полностью древнего рельефа русла. Высоты центральной части палеорусла составляют всего 7 — 9 м относительно современного меженного уреза воды в реке, лишь ненамного превышая отметки современной поймы. Вдоль бортов ложбины — бывших берегов палеорусла протягиваются мощные эоловые дюны высотой до 7—10 м.

Таблица 2. Морфометрические характеристики палеорусел и современного русла в низовьях Вычегды.

Поверх-ность	Относи-тельная высота (м)	Индекс и тип русла	Ширина при уровне наполнения русла (м)	Глубина при уровне наполнения русла (м) перекат/плес	Средний шаг излучин (км)
II терраса, верхняя ступень	13 - 14	«А», разветвленно - извилистое	1200	?/~16	?
II терраса, нижняя ступень	10 - 11	«Б», разветвленно - извилистое	1300	9/?	6.5
I терраса	9 - 10	«В», меандрирующее	600	6/?	3.5
Пойма, верхняя ступень	6 - 7	«Г», меандрирующее	800	6/12	4.5
Пойма, нижняя ступень	5 - 6	Современное, разветвленно - извилистое	1100	7/14	6.0

Средний комплекс эрозионно-аккумулятивных террас (I надпойменная терраса) представлен несколькими разновысотными и разновозрастными поверхностями, располагающимися на относительных высотах 6 — 10 м над меженным уровнем воды в реке и имеющими суммарную ширину 2 — 4 км. Рельеф поверхностей сегментно-гривистый, здесь сохранились фрагменты меандрирующих палеорусел «В» со средней шириной 600 м и шагом излучин 3500 м. Уклон палеорусел составлял 0,07 — 0,08 $^0/_{00}$. Палеорусла 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.

Нижний комплекс эрозионно-аккумулятивных поверхностей - пойма, располагается на относительных высотах до 7 м над меженным урезом воды в реке и имеет ширину до 8 км. Все поверхности нижнего комплекса затапливаются во время половодий. Здесь выделяются 4 разновозрастных ступени. На двух верхних сохранились следы меандрирования в виде серий грив, межгривных понижений, нескольких стариц. Палеорусло «Г» в пределах бровок имеет ширину 800 м и шаг излучин 4500 м, глубину на перекатах при руслонаполнении 6—8 м. Уклон его составлял 0,05 — 0,06 $^0/_{00}$. Палеорусло заполнено супесью и суглинком мощностью 1.0-2.0 м на древних побочнях и пляжах, толщей переслаивания суглинисто –

супесчаных наносов с заиленными мелкими песками общей мощностью до 9 м в древних плесах. Некоторые плесы сохранились в виде омеговидных озер - стариц глубиной до 12 м. Торф в межгривных понижениях на пойме имеет возраст 4200±50 (Ki-6401), 4470±60 (Ki-6402) и 4670±60 лет (Ki-6409). Органические остатки и древесный уголь возрастом 3980±60 (Ki-6395) и 1900±50 (Ki-6390) лет дают представление о времени заполнения крупного староречья «Г» у пос. Вычегодский.

Две нижние ступени поймы сформированы современным разветвленно-извилистым руслом Вычегды. Оно имеет ширину 1100 м, глубину на перекатах при руслонаполнении 7—9 м, шаг пологих извилин русла 6000 м, уклон 0,07 — 0,08 $^{0}/_{00}$. 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. Торф в понижениях между пойменными гривами имеет возраст 1700±70 (Ki-6391), 2040±60 (Ki-6392), 2250±60 (Ki-6393) и 2570±60 лет (Ki-6394).

Таким образом, на нижней Вычегде четко выделяется этап формирования меандрирующего русла с размерами меньше современного (и меньше более древнего). Ширина этого русла была 600 м (1.8 раза меньше современной) в начале этапа и 800 м (1.4 раза меньше современной) в его конце. Этап существования малого русла охватывает значительный период времени от 8100 до 2500 лет назад. Этот этап хорошо проявляется в размерах стариц 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. При этом получено максимальное таксономическое разрешение: пыльца древесных и некоторых травянистых растений определялась до вида. Методом ареалограмм были определены современные территории совместного проживания большинства растений каждой из этих флор, они приняты в качестве ландшафтно–климатических и гидрологических аналогов для бассейна Вычегды для соответствующего времени в прошлом (рис. 7).

Для времени формирования самого малого палеорусла «В», 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 м^3/с, среднемаксимальный расход воды –3750 м^3/с (табл. 3). Годовой слой стока составлял 115 мм, из них 90 мм приходились на период половодья. Это соответствует слою годовых осадков в 555 мм, которые примерно поровну разделялись между зимне-весенним и летне-осенним периодами. Возможно, цепь эоловых дюн вдоль бортов заброшенного раннебореального палеорусла сформировалась именно в этот сухой период. По-видимому, максимум сухости и минимальный сток воды на Вычегде приходился на конец этого времени, примерно 6000 лет назад (табл. 3). В это время увеличилась внутригодовая неравномерность стока, что вызвало некоторое увеличение размеров русла.

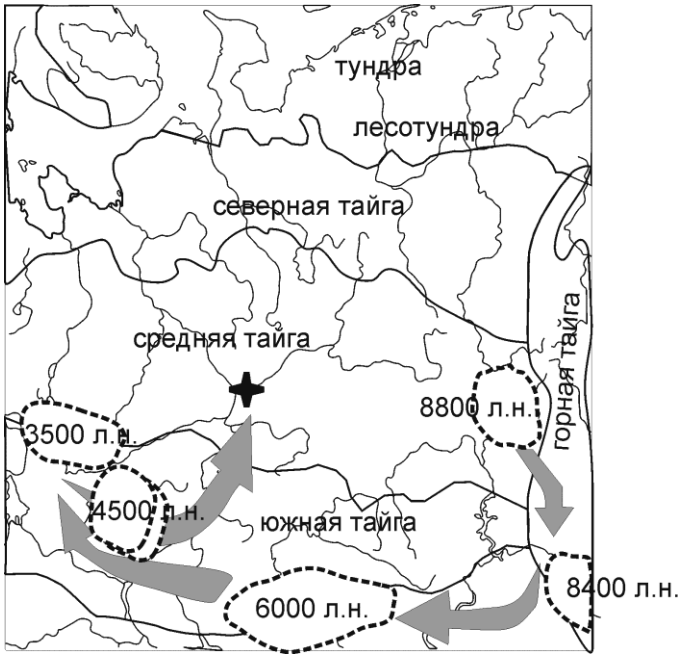

Рис.7. Миграция центров концентрации палеофлор, характеризующая изменение ландшафта в низовьях Вычегды в голоцене. Пунктиром показано положение центров концентрации палеофлор (регионы–аналоги), цифрами - радиоуглеродный возраст палеофлоры; стрелками - последовательность изменения ландшафтов в низовьях Вычегды; крестик - современное положение палеофлор

Регионы–аналоги для времени формирования палеорусла «Г» показывают существенное уменьшение континентальности климата. Судя по ширине палеорусла, среднегодовой расход воды составлял 840 – 670 м^3/с, среднемаксимальный расход - около 5000 – 6700 м^3/с. Слой стока был 175-220 мм, из них 115 – 150 мм приходилось на зимне-весенний период. Исходя из оценок испарения по регионам – аналогам, годовой слой осадков составлял 600-690 мм, из них около 290 – 330 мм выпадало в зимне-весенний период. Внутригодовое распределение стока воды в начале периода характеризовалось малой изменчивостью, чему соответствует значительная кривизна омеговидных излучин палеорусла. К концу этапа внутригодовая неравномерность стока увеличилась, что вызвало некоторое увеличение размеров русла.

В начале субатлантического периода морфодинамический тип русла изменился — оно стало разветвленно-извилистым, подобным современному. Около 2,5 тыс. лет назад начали формироваться поверхности нижних ступеней поймы. В конце суббореального времени произошло увеличение максимальных расходов воды, а общей рост водоносности Вычегды пришелся на субатлантическое время. Расчеты показывают, что максимальный сток воды в субатлантике был около 1500 лет назад. К настоящему времени рассчитанный среднегодовой расход воды несколько уменьшился до 1170 м^3/с, а рассчитанное среднегодовое количество осадков составляет 700 мм, из которых 355 мм выпадает в зимне-весенний сезон (табл. 3). Это в целом соответствует данным наблюдений.

Таблица 3. Сток воды и осадки в низовьях Вычегды в позднеледниковье и голоцене, восстановленные по ширине русла (слой стока) и гидро - климатическим характеристикам регионов-аналогов (потери).

Регион - аналог	Возраст, лет назад	Индекс палеорусла	Ширина палеорусла, м	степень неравно мерности	Расход воды $м^3/с$		Слой стока мм		Слой осадков, мм	
					средний	средне максима льный	год	зима весна	год	зима весна
Бассейн Колвы	8800	Б	1300	низкая	1490	9910	390	265	860	415
Бассейн Чусовой	8400	В	600	средняя	440	3670	115	90	555	260
Средняя Вятка	6000	В	700*	высокая	400	5110	105	85	545	285
Бассейн Унжи	4500	Г	800	низкая	840	4970	220	150	690	330
Верховья Сухоны	3500	Г	900*	высокая	670	6710	175	115	595	295
Бассейн Унжи	1400	Совр.	1100*	низкая	1270	7720	330	225	800	405
Бассейн Вычегды	Совр	Совр.	1100	низкая	1170	7950	300	205	700	355

* - интерполированные значения.

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 (табл. 3), 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 (Шикломанов, Георгиевский, 2002, 2008) 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 (Кислов и др., 2008) на Восточно-Европейской равнине 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 (Борзенкова, 2002), оптимум голоцена является климатическим аналогом глобального антропогенного потепления при увеличении средней температуры на 1°С. 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 нашего рис. 4 с рис. 6.3.2 и 7.3.5 из монографии Кислова с соавторами (2008) 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. 4).

Каким бы не было пространственное распределение величины уменьшения размеров речных русел в условиях антропогенного потепления климата, 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.

Литература

1. Арсланов Х.А., Лавров А.С., Лядов В.В., Никифорова Л.Д., Потапенко Л.М., Тертычная Т.В. Радиоуглеродная геохронология и палеогеография средневалдайского интервала и последнего ледникового покрова на северо-востоке Русской равнины // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1980.
2. Борзенкова И.И. Эмпирическая палеоклиматология: состояние проблемы и методы исследования. В кн.: Изменения климата и их последствия Спб, Наука, 2002, с.75-92
3. 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. Макспресс, М., 2008.
4. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Некоторые особенности дна долин больших рек, связанные с периодическими изменениями нормы стока. Ритмы и цикличность в природе. М., Мысль, 1970, с. 156-167

5. Потапенко Л.М. Четвертичные отложения и развитие речной долины нижней Вычегды. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М., МГУ,1975.
6. Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Ковалюх Н.Н., Панин А.В., Чернов А.В. Палеогидрология нижней Вычегды в позднеледниковье и голоцене // Вестник МГУ. Сер. геогр., 1999, №5.
7. А.Ю.Сидорчук, А.В.Панин. А.В.Чернов, О.К.Борисова, Н.Н.Ковалюх. Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в поздневалдайское время и в голоцене (по данным палеорусловогo анализа). Эрозия почв и русловые процессы, 12 вып., 2000
8. 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, с. 97-108
9. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы. В кн.: Изменения климата и их последствия Спб, Наука, 2002, с.152-164
10. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата. VI Всероссийский гидрологический съезд, доклады. Секция 3, Часть II, Росгидромет, М., 2008, с.159-163
11. Экспериментальная геоморфология. Вып.2, М.: Изд-во МГУ, 1969.

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

				Современное русло			палеорусло					
	Река	с. ш	в. д	λ_m м	A_m м	W_m м	λ_m м	A_m м	W_m м	$W^*_{m\partial}/W^*_{mc}$	$\left(\frac{A_m}{\lambda_m}\right)_\partial \Big/ \left(\frac{A_m}{\lambda_m}\right)_c$	$Q_{m\partial}/Q_{mc}$
1	Паденьга	61.85	42.50	433	167	41	123	122	30	0.44	0.39	0.36
2	Пеза	65.72	45.65	2262		215	908		157	0.52		0.45
3	Уфтюга	61.63	46.62	767	301	165	468	479	105	0.62	0.38	0.59
4	Вычегда (устье)	61.28	46.65			1100			600	0.55		0.49
5	Юг	60.33	47.08	2540		313	993		195	0.49		0.42
6	Мезень	63.97	47.20	1517	370	286	1060	857	208	0.71	0.30	0.70
7	Ель	63.97	47.20	1489		262	1071		208	0.76		0.76
8	Виледь	61.33	47.38	575		114	216		44	0.38		0.30
9	Луза	60.60	48.07	1280	388	206	733	673	155	0.66	0.33	0.63
10	Яренга	62.20	48.97	1034	276	182	636	461	107	0.60	0.37	0.56
11	Сысола	63.52	50.70	1093	350	178	403	546	120	0.51	0.24	0.45
12	Пижма	65.05	52.02	792	336	143	398	412	123	0.68	0.41	0.66
13	Вычегда (Пезмог)	61.87	52.05	2677	785	398	1692	1562	319	0.71	0.32	0.70
14	Вычегда (Усть-Нем)	61.58	54.63	1396	497	197	841	961	129	0.63	0.31	0.59
15	Кама	60.23	55.28	1863	284	321	1076	1020	196	0.59	0.16	0.55
16	Колва	66.03	57.23	2434	293	327	1582	1470	246	0.69	0.13	0.68
17	Печора	63.87	57.28	6662		603	2900		425	0.53		0.46
18	Иртыш (устье)	61.03	69.03	4498		555	3810			0.85		
19	Хадуттэ	67.45	76.33	2515	707	586	1451	1367	290	0.53	0.30	0.47
20	Нгарка-табяха	66.63	76.58	945	426	190	682	749	145	0.74	0.41	0.74
21	Таз	63.70	84.42	630		110	431			0.68		
22	Тюнг	63.92	121.52	1690	551	265	1114	1101	270	0.83	0.33	0.86
23	Вилюй	63.77	121.58	5671		913	6742		706	0.99		1.10
24	Яна	70.00	135.53	5150	2055	765	2780	1677	523	0.60	0.66	0.56
25	Западный Буг	52.68	21.87	1042	269	107	522	497	105	0.68		0.65
26	Днестр	49.18	24.59	1135	305	125	577	547	105	0.63	0.28	0.60

27	Неман	53.52	25.35	819	216	122	444	403	78	0.59	0.29	0.54
28	Березина	53.23	29.20	648	251	94	447	353	80	0.76	0.49	0.77
29	Днепр	54.97	32.98	740	310	113	320	426	93	0.61	0.32	0.57
30	Десна	52.63	34.00	1060	212	129	423	384	75	0.47	0.22	0.40
31	Северский Донец	48.33	40.23	1434	418	173	694	589	114	0.55	0.34	0.50
32	Дон	49.93	40.85	1650	461	162	949	806	164	0.73	0.33	0.72
33	Дон	49.58	42.63	1676	248	240	1443	941	189	0.83	0.23	0.86
34	Дон	48.90	43.67	2793	640	405	1909	1285	358	0.77	0.34	0.78
35	Сура	55.90	46.10	1918	511	285	758	942	178	0.50	0.21	0.43
36	Ветлуга	56.38	46.32	1635		242	892		225	0.72		0.71
37	Молома	58.72	48.45	1159	324	157	352	493	94	0.43	0.20	0.35
38	Великая	58.88	49.03	454	113	54	260	223	53	0.74		0.73
39	Быстрица	58.55	49.25	513	79	75	247	209	46	0.54	0.18	0.48
40	Белая Холуница	58.87	50.58	439	172	77	148	138	36	0.40	0.42	0.32
41	Кильмезь	56.97	51.10	1032	286	136	329	362	43	0.32	0.25	0.23
42	Вятка	55.70	51.42	5175		494	2384		331	0.53		0.47
43	Буй	56.23	54.30	403	115	89	222	267	57	0.60	0.24	0.55
44	Белая	55.25	55.58	3225	1164	414	1444	2017	399	0.66	0.26	0.64
45	Белая	52.88	56.20	842	239	165	482	580	102	0.60	0.24	0.55
46	Тобол (Ялуторовск)	56.70	66.42	954	354	110	413	584	117	0.68	0.26	0.66
47	Тобол (устье Тавды)	57.77	67.30	1642		253	1145			0.7		
48	Иртыш (устье Увата)	59.58	69.32	4596	1628	538	1897	2499	491	0.61	0.27	0.57
49	Иртыш (Тевриз)	57.55	70.05	3207	1723	343	1397	1530	304	0.60	0.49	0.56
50	Иртыш (Омск)	55.00	73.23	2937		361	1664		315	0.69		0.67
51	Васюган	59.12	76.90	750	308	110	367	412	111	0.72	0.37	0.71
52	Чарыш	52.08	82.63	1093	468	196	665	878	166	0.73	0.32	0.72
53	Обь	53.47	83.10	3951	772	674	3924	2576	648	0.98	0.30	1.08
54	Чумыш	53.80	83.67	1067	479	171	641	686	119	0.65	0.42	0.61
55	Песчаная	52.33	84.98	560	263	122	363	373	82	0.66	0.46	0.64
56	Чулым	56.45	90.45	1128		200	644		183	0.74		0.74