



## VI

### **Всероссийский гидрологический съезд**

28 сентября - 1 октября 2004 г.  
Санкт-Петербург

# ДОКЛАДЫ

## СЕКЦИЯ 3

### **ВОДНЫЙ БАЛАНС, РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА; УЯЗВИМОСТЬ И АДАПТАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ**

Часть II

МЕТЕОАГЕНТСТВО РОСГИДРОМЕТА  
МОСКВА 2008

## ПАЛЕОГИДРОЛОГИЯ РЕК РУССКОЙ РАВНИНЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ

Сидорчук А.Ю.<sup>1</sup>, Панин А.В.<sup>1</sup>, Борисова О.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup>Институт географии РАН, Москва

### Введение

Обычно различные этапы эволюции речной долины выделяются при изменении условий руслообразования. Если природа таких изменений климатическая, то форма, размеры и аллювий палеорусел несут информацию о водоносности древних рек. В палеогеографии это является основой морфо-гидрологического метода реконструкции палеостока рек. Одним из наиболее ярких палеогеографических феноменов являются непропорционально большие палеоруслу в речных долинах (рис. 1а). Такие палеоруслу описаны в Северной Америке, на Британских островах и в Западной Европе [13], в центральной Европе на Среднедунайской и Великопольской низменностях [14], в Западной Сибири и северном Казахстане [2]. Открытие широкого распространения таких больших палеорусел на Русской равнине [8] позволило завершить эту картину и получить циркумполярный пояс формирования древних больших рек Северного полушария Земли [18].

### Большие позднеледниковые палеоруслу в перигляциальной зоне Русской равнины

Для Русской равнины характерно широкое распространение больших меандрирующих палеорусел (рис.1б). Они обнаружены в большинстве ландшафтных зон от лесотундры до сухой степи [9,10,11,12,16,18]. Большие палеоруслу редки только в зоне тундры, а также на территории, которая перекрывалась поздневалдайским ледником. В северной части равнины современные реки, как правило, имеют врезанные излучины. Фрагменты больших палеорусел располагаются здесь в пределах низких надпойменных террас.

В южной части равнины врезания рек в голоцене не происходило. Здесь обширные древние поймы сохранили режим затопления. Современные реки извиляются узкими лентами среди этих унаследованных пойм, изменяя древний рельеф в основном в пределах современного пояса меандрирования (рис.1а). Именно такие реки описывал В.В. Докучаев (1878), когда отмечал несоответствие размеров современной реки и выработанной ею долины.

Возраст больших палеорек Русской равнины определен пока в небольшом числе речных долин по данным радиоуглеродного и пыльцевого анализов старичных отложений. В долине р. Хопер у Поворино большое палеорусло отмерло около 11 тысяч лет назад (здесь и далее, годы радиоуглеродные). Палеоизлучины на пойме р. Сейм у Льгова и р. Свапы у ее устья были отшнурованы от основного русла около 14 тыс. лет назад. В долине Протвы у Боровска отмирание большого палеорусла относится к 12 – 13 тыс. лет назад. Большая излучина Москва-реки у д. Остров была отчленена от реки в раннем дриасе, более 13 тыс. лет назад. Все эти палеореки характеризуются хорошо развитыми меандрами, часто омегавидными. Их формирование продолжалось 1-2 тысячи лет. Поэтому образование больших рек Русской равнины можно отнести к периоду 13-16 тысяч лет назад и ранее, т.е. к начальному этапу дегляциации.

Большие поздневалдайские реки формировали свои русла в условиях ландшафтов перигляциальной гиперзоны [4, карты 3 и 5] – перигляциальной тундры в северной части равнины и перигляциальной лесостепи и степи в ее южной части. Сток талых ледниковых вод был направлен на север и на запад и не мог участвовать в образовании крупных рек Русской равнины. Источником воды для их формирования были осадки. На всей территории перигляциальной гиперзоны от края валдайского ледникового щита до 49° с.ш. была распространена многолетняя мерзлота. Водопроницаемость грунтов была минимальной, что приводило к малым потерям стока в период снеготаяния, и к практическому отсутствию грунтового питания рек в теплый период.

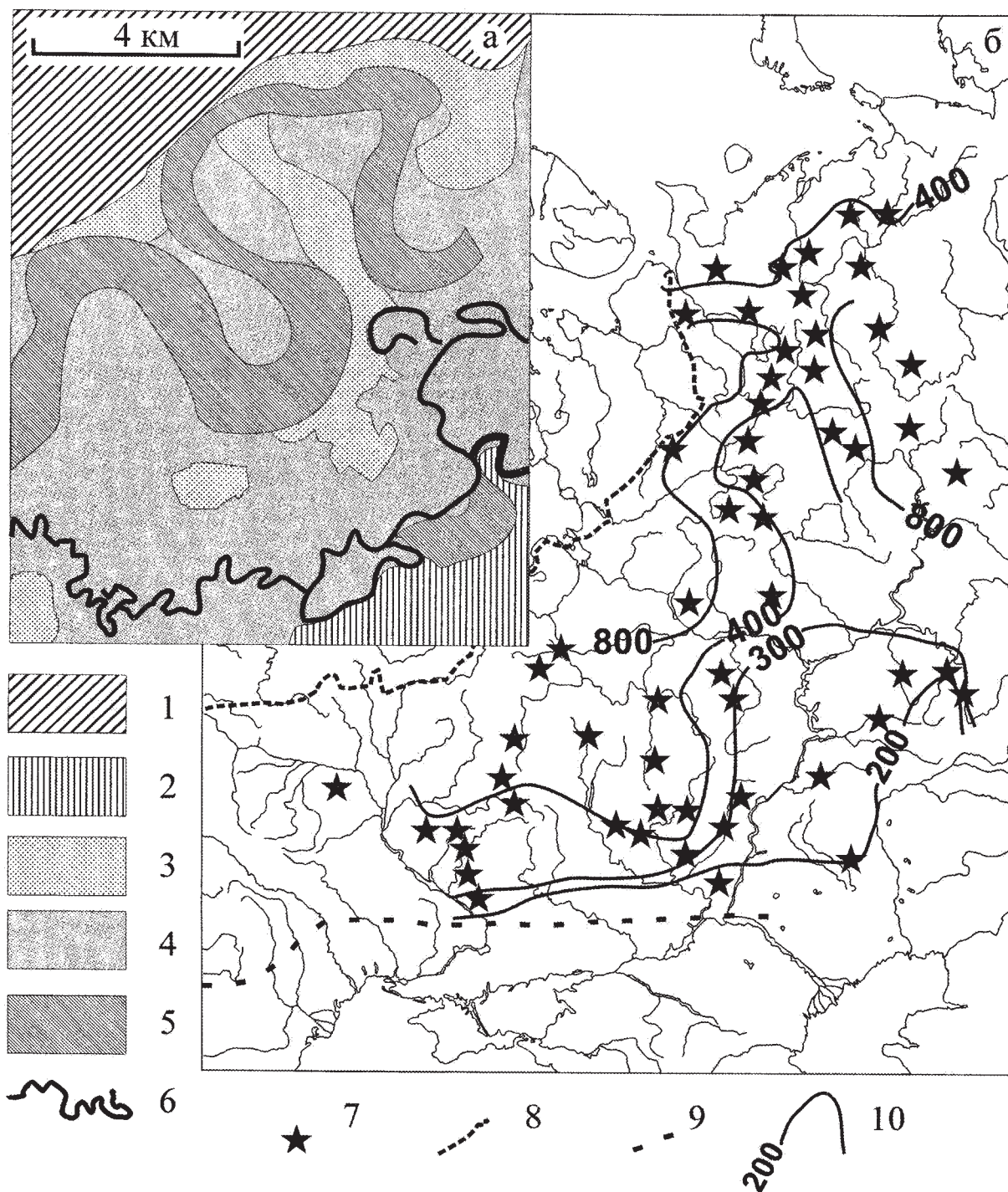


Рис. 1. Большое поздневалдайское палеоруслор.Хопер у п.Поворино (а) и годовой слой стока воды, восстановленный по хорошо сохранившимся фрагментам больших палеорусел на Русской равнине (б).

Условные обозначения: 1 – высокие террасы Хопра; 2 – вторая терраса; 3 – 1 терраса; 4 – пойма; 5 – палеоруслор; 6 – современное русло Хопра; 7 – положение фрагментов больших палеорусел (см также таблицу 1 в Сидорчук и др., 2000б; Sidorchuk et al., 2001); 8 – граница поздневалдайского материкового льда; 9 – южная граница вечной мерзлоты в поздневалдайское время; 10 – изолинии годового слоя поверхностного стока в мм

### Палеогидрологические реконструкции

При палеогидрологических реконструкциях возможно использовать весь арсенал методов расчетов гидрологического режима малоизученных и неизученных рек. Наиболее эффективным показал себя метод, основанный на выборе региона-аналога и применении гидравлико-морфометрических зависимостей в сочетании с уравнением водного баланса. Необходимые исходные данные могут быть получены только при использовании для расчетов палеостока самых простых гидравлико-морфометрических зависимостей: связей ширины русла или показателей размера излучины (шага, радиуса кривизны и др.) с расходом воды. Обработка данных по 185 участкам меандрирующих широкопойменных рек Русской равнины и Западно-Сибирской низменности путем минимизации разности квадратов вычисленных и измеренных значений показала [12], что среднегодовой расход воды  $Q$ , связан с шириной при уровне наполнения русла реки зависимостью:

$$Q = K_y B_p^{1,36}. \quad (1)$$

Коэффициент  $K_y$ , величина переменная и обусловлена ландшафтом речного водосбора, поэтому зависимость (1) параметризована по величине внутригодовой изменчивости стока воды,

$$K_y = 0,012 y^{0,73}, \quad (2)$$

которая характеризуется отношением среднегодового и среднemaxимального  $Q_{\max}$  расхода воды:

$$y = 100(Q / Q_{\max}). \quad (3)$$

В бассейнах рек Европейской России внутригодовая изменчивость стока связана с размером водосбора реки  $F$  (км<sup>2</sup>) эмпирической зависимостью:

$$y = aF^{0,125}. \quad (4)$$

Коэффициент  $a$  зависит от ландшафтных условий на водосборе и поддается географическому районированию. Он изменяется от 1.5-2.0 у рек зоны тундры, увеличивается в зоне тайги до 2.5-3.5 и снова уменьшается в зоне широколиственных лесов и лесостепи до 1.5-2.5.

Наличие в зависимости (4) коэффициента  $a$ , который определяется ландшафтными характеристиками водосбора, создает основу для применения в палеогидрологии принципа **палеогеографической аналогии** [15]. Известно, что географическая аналогия, введенная в гидрологические исследования В.Г.Глушковым (1933), находит широкое применение при гидрологических расчетах для малоизученных и неизученных рек. В современной формулировке [6] "принцип географической аналогии отражает целостность географических ландшафтов и взаимосвязь их элементов, что позволяет предположить близость характеристик стока для речных бассейнов со сходными физико-географическими условиями". Из этого следует принцип палеогеографической аналогии: характеристики стока для древних речных бассейнов близки характеристикам стока современных бассейнов с условиями, сходными с палеогеографическими.

Для реконструкции стока подбирается современная область, которая по комплексу ландшафтно-климатических признаков является аналогом бассейна древней реки. Основным методом выбора аналога является палеофлористический анализ палинологических данных [15]. Предполагается, что современный гидрологический режим рек в пределах области-аналога близок к гидрологическому режиму древних рек. Для современных рек региона-аналога рассчитываются значения параметра  $a$ , которые затем используются для расчетов параметра  $y$  по формуле (4). Среднегодовой расход воды тогда определяется по зависимостям (1)-(2), а среднemaxимальный расход воды по формуле (3). По данным для региона-аналога можно также установить характеристики гидрологического режима палеореки (параметры кривых распределения различных элементов стока), а также недостающие величины в уравнении водного баланса, такие как слой потерь или коэффициент стока (годовой и по сезонам). В результате для года и сезонов определяются слой стока и слой осадков для бассейна палеореки.



## Результаты расчетов

По формулам (1)-(4) были рассчитаны средние расходы и слой стока воды для 66 участков больших перигляциальных рек Русской равнины, для которых имеются фрагменты хорошо сохранившихся палеорусел. Реки тундры Европейской России были использованы в качестве аналога рек поздневалдайского времени с  $a=2.24$ . Эти оценки позволили составить карту годового слоя поверхностного стока поздневалдайского времени (рис. 16) и оценить годовые объемы стока в основных речных бассейнах (табл. 1).

Таблица 1. Годовой объем стока поздневалдайских рек Русской равнины.

Река	F, тыс. км <sup>2</sup>	W <sub>past</sub> , км <sup>3</sup>	W <sub>pres</sub> , км <sup>3</sup>
Северная Двина	260	115	107
Мезень	78	45	20
Печора	322	220	126
Волга выше Оки	173	93	85
Ока	245	147	41
Кама	507	260	88
Волга в целом	1174	585	254
Дон	422	110	28
Итого	2256	1075	535

F – площадь водосбора в позднем Валдае; W<sub>past</sub> – годовой объем стока в позднем Валдае;  
W<sub>pres</sub> – современный годовой объем речного стока

На северном мегасклоне равнины сток воды составлял около 380 км<sup>3</sup> в год, что в полтора раза больше современного с той же водосборной площади. Основное увеличение стока произошло в бассейнах Мезени и Печоры (почти в 2 раза). В бассейне Волги годовой сток составлял около 585 км<sup>3</sup>, несмотря на некоторое уменьшение водосбора верхней Волги. Основной вклад в этот сток вносили Ока и Кама, сток которых был больше современного в 3-3.5 раза. Еще больше – почти в 4 раза, поздневалдайский сток превышал современный в бассейне Дона. Следует еще раз подчеркнуть, что в этом стоке ледниковое питание не участвует.

## Выводы и заключение

Использование палеогеографической аналогии в качестве методологии палеогеологических реконструкций в значительной степени реабилитировало применение здесь гидравлико-морфометрических зависимостей. Оно было ранее изрядно дискредитировано огромными величинами восстановленного стока воды (до 20-80 раз больше современного по Dury, 1965), так как не принималась во внимание необходимость районирования зависимостей и выбора для реконструкций только зависимостей, полученных для региона-аналога палеоландшафта. При выполнении этого достаточно очевидного требования и учете прохождения стока в перигляциальных условиях за короткий период снеготаяния, общий рассчитанный сток рек Русской равнины в поздневалдайское время получается лишь вдвое больше современного, что вполне объяснимо существенно меньшими потерями на испарение.

Тем не менее, это очень большой поверхностный сток, и его обоснование вносит существенные коррективы в сложившиеся представления о природе перигляциального времени. Во-первых, климат начальной стадии деградации поздневалдайского оледенения считается сухим и холодным (см., например, сводку [4]). Данные о стоке воды показывают, что эта сухость была относительной: годовое количество осадков было не меньше, а скорее больше современного; однако эти осадки выпадали в основном в виде снега за долгую зиму, а вот лето было сухим и коротким. Во-вторых, для всего перигляциального времени предполагалось доминирование криогенных и склоновых процессов рельефообразования с преобладанием аккумуляции, а эрозионные сводились к склоновому смыву и формированию мелких оврагов [1]. Открытие больших палеорусел показывает, что на некотором этапе

эрозионные и русловые процессы имели самое широкое распространение, реки были шире (до 15 раз) и глубже современных. К этим рекам были приурочены многочисленные крупные глубоко врезаемые линейные формы эрозии – современные балки и суходолы. В третьих, для объяснения высокого стояния Каспийского моря в хвалынское время привлекалась гипотеза об участии талых вод материкового ледника в поверхностном стоке вод в бассейне Волги [7]. С учетом реконструкций стока больших рек перигляциальной зоны эта гипотеза (не подтверждаемая ныне и другими данными) является излишней.

## Литература

1. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Изд-во Казанского ун-та, 1986.
2. Волков И.А. Следы мощного стока в долинах рек юга Западной Сибири. Докл. АН СССР, том 151, N 3. 1963.
3. Глушков В.Г. Географический и гидрологический метод. Известия Гос. гидрол. института, т.57, 1933.
4. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов северной Евразии за последние 130000 лет. Геос, 2002.
5. Докучаев В.В. Способы образования речных долин Европейской России. Спб.: типография В.Дермакова, 1878.
6. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990.
7. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975.
8. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Макроизлучины рек ЕТС и проблемы палеогидрологических реконструкций. Водные ресурсы, 1992, N 4, с. 93-97.
9. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Баслеров С.В., Борисова О.К., Ковалюх Н.Н., Шеремецкая Е.Д. Основные этапы истории речных долин центра Русской равнины в позднем Валдае и голоцене: результаты исследований в среднем течении р. Сейм. Геоморфология. 2001. № 2, с. 19-34.
10. Сидорчук А.Ю., О.К. Борисова, Н.Н.Ковалюх, А.В.Панин, А.В.Чернов. Палеогидрология нижней Вычегды в позднеледниковье и в голоцене. Вестник Моск. ун-та. Серия геогр., № 5, 1999, с. 35-42.
11. Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В. Поздневалдайские палеоруслы рек Русской равнины. Известия РАН, серия географическая, 2000, N 6
12. 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 палеоруслowego анализа). Эрозия почв и русловые процессы. Вып.12, 2006.
13. Dury, G.H. (1965). Theoretical implications of underfit streams. US Geological Survey Professional Paper 452-B, Washington.
14. Starkel L. The place of the Vistula River valley in the late Vistulian - early Holocene evolution of the European valleys // European River Activity and Climatic Change During the Lateglacial and Early Holocene. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1995.
15. Sidorchuk A.Yu., O.K. Borisova, Method of Paleogeographical Analogues in Paleohydrological Reconstructions. Quaternary International. 72:1, 2000, pp.95-106.
16. Sidorchuk A., O.Borisova and A.Panin. Fluvial Response To The Late Valdai/Holocene Environmental Change On The East European Plain. Journal of Global and Planetary Changes, 2001, 28:1-4, 303-318.
17. Sidorchuk A., A. Panin, O. Borisova (2003) The Late Glacial and the Holocene palaeohydrology of the Northern Eurasia. In : K.J.Gregory and G.Benito (eds). Palaeohydrology: Understanding Global Change. Wiley and Sons, Chichester, 61-76
18. Sidorchuk A. (2003) Floodplain sedimentation: inherited memories. Global and Planetary Change, 39:1-2, 13 -29.