

## **Основные результаты палеогидрологического исследования палеорусел перигляциальной зоны последнего оледенения Русской равнины.**



Сидорчук А.Ю.

### **Введение**

Палеоруслы представляют собой морфологически и литологически выраженные целостные комплексы русловых образований (включающие собственно корыто русла), которые сформированы рекой на предшествовавших современному этапам эволюции речной долины и обычно отчленены от современного русла. В зависимости от целей исследования и выбранной протяженности современного этапа развития русла, в эту обширную категорию могут входить как сравнительно молодые старицы на пойме, так и остатки древних русловых комплексов, что выражены в рельефе, но практически потеряли связь с современной рекой.

Обычно различные этапы эволюции речной долины выделяются при изменении условий руслообразования. Привязанные к этим этапам палеоруслы имеют различный морфологический тип и/или различные размеры характерных элементов. Если природа таких изменений климатическая, то форма, размеры и аллювий палеорусел несут информацию о водоносности древних рек. В палеогидрологии это является основой морфо-гидрологического метода реконструкции палеостока рек.

### **Палеогидрологические исследования школы Н.И.Маккавеева.**

Н.И. Маккавеев обратился к проблеме палеогидрологических реконструкций в 1962-66 гг при исследовании развития речных излучин (Экспериментальная геоморфология, 1969). Была поставлена задача: «...судя по характеру деформаций меандр определять, какие изменения произошли в стоке за определенный отрезок времени». Исследования были сконцентрированы на изменениях, происшедших в историческое время, но предполагалась возможность использовать эти методы при палеогеографическом анализе. Разработки Н.И. Маккавеева быстро нашли применение в основанной им Проблемной лаборатории эрозии почв и русловых процессов. Автор этих строк выполнил реконструкцию стока воды в позднеледниковье и голоцене в дельтах Таза и Пура (в 1970 г, опубликовано позднее в (Коротаев и др., 1990)), в дельте Яны (Сидорчук, 1975), в дельте Енисея (Гаррисон и др., 1981). А.В. Чернов реконструировал эволюцию русла и водоносности верхней и средней Оби (Чернов, Гаррисон, 1981) в голоцене. Б.В. Матвеев и А.В. Панин, вместе с автором, выполнили анализ развития

врезанных больших меандр и определили систему признаков для выявления климатического сигнала в условиях ограниченных русловых переформирований (Матвеев и др, 1992, Matveev *et al.*, 1994). В ходе работы над картой русловых процессов на реках Европейской части СССР (Морфология ..., 1999) впервые была получена информация о широком распространении больших палеорусел на территории Русской равнины (Панин и др., 1992, Panin *et al.*, 1999). Это (а также финансирование РФФИ) дало толчок исследованиям последнего десятилетия в рамках палеорусловедения (Чалов, 1996), основные итоги которых подводятся в данной статье. При этом не ставится задача дать анализ работ других палеогидрологических школ, что и определило список использованной литературы.

### **Большие позднеледниковые палеоруслы в перигляциальной зоне Русской равнины.**

Для Русской равнины характерно широкое распространение больших меандрирующих палеорусел (рис.1). Они обнаружены в большинстве ландшафтных зон от лесотундры до сухой степи, в бассейнах всех морей, омывающих равнину (Панин и др, 2000,2001; Сидорчук и др, 1999, 2000а,б; Sidorchuk *et al.*, 1999, 2001a,b). Большие палеоруслы 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 (первой и второй). Часто современная пойма реки совпадает с древним руслом и описывает большие изгибы, а ее ширина близка к ширине палеоруслы.

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

Возраст больших палеорек Русской равнины определен лишь в небольшом числе речных долин по данным радиоуглеродного и пыльцевого анализов старичных отложений. В долине р. Хопер у п. Поворино большое палеоруслы отмерло около 11 тысяч лет назад (здесь и далее, годы радиоуглеродные). Палеоизлучины на пойме р. Сейм у г. Льгова и на первой террасе р. Свапы у ее устья, были отшнурованы от

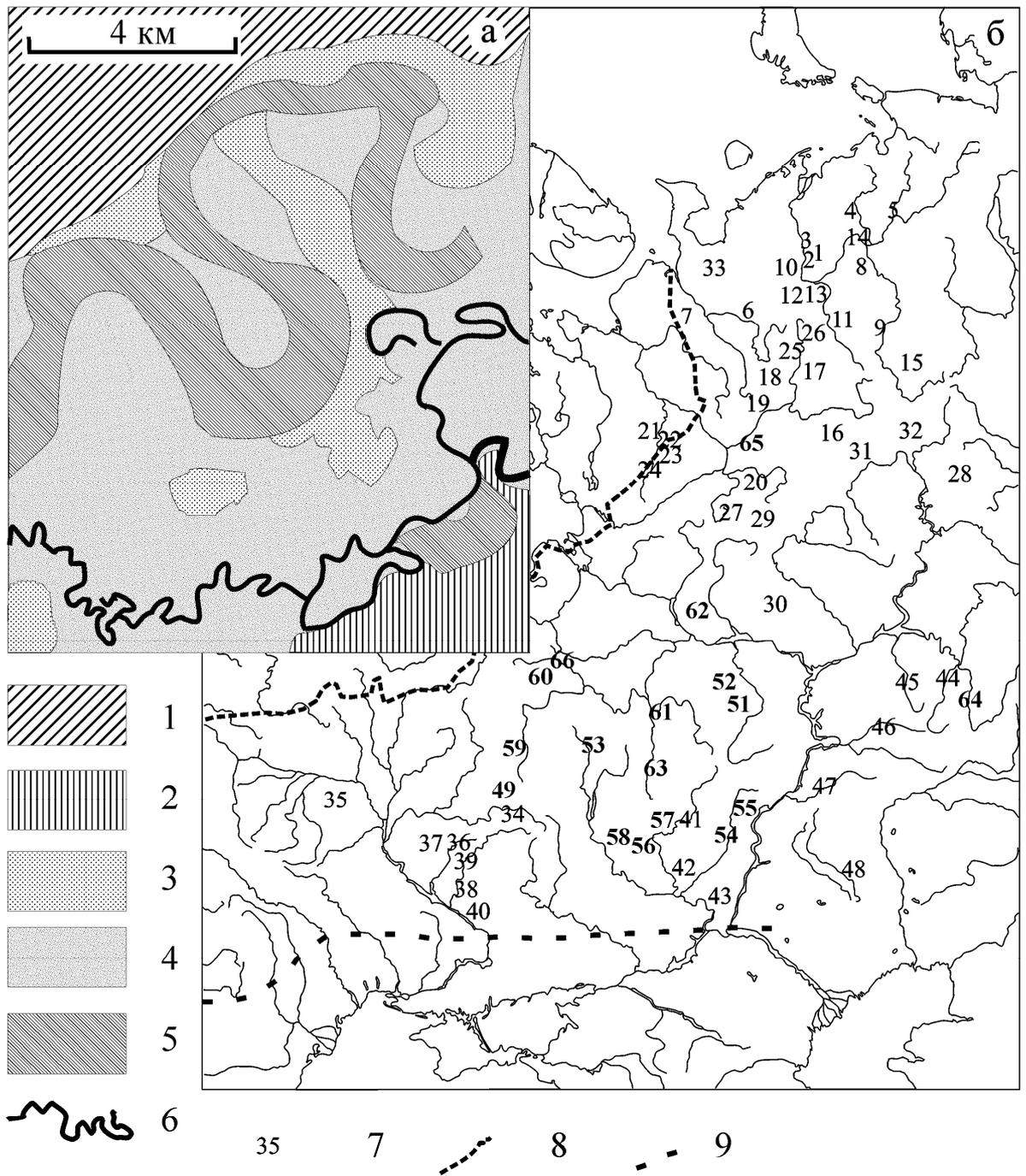


Рис.1. Большое поздневалдайское палеорусло р.Хопер у п.Поворино (а) и распространение хорошо сохранившихся фрагментов больших палеорусел на Русской равнине (б). Условные обозначения: 1 высокие террасы Хопра; 2 вторая терраса; 3 1 терраса; 4 пойма; 5 палеорусло; 6 современное русло Хопра; 7 номера больших палеорусел в Таб.1 из (Сидорчук и др., 2000; Sidorchuk et al., 2001a); 8 граница поздневалдайского материкового льда; 9 южная граница вечной мерзлоты в поздневалдайское время.

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, т.е. более 13 тыс. лет назад. Все эти палеореки характеризуются хорошо развитыми меандрами, часто омеговидными. Формирование таких излучин могло занимать не менее 1-2 тысячи лет. Поэтому активное руслообразование 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 (Динамика..., 2002, 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 меандров 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. Реки характеризовались коротким высоким половодьем и продолжительной низкой меженью. В таких условиях формировались большие речные русла, размеры которых соответствовали максимальным расходам воды периода половодья. Большую часть года во время межени эти русла были практически лишены воды, и песок на обширных песчаных отмелях перевевался ветром.

### **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.

Практика палеогидрологических исследований показала, что 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 (Сидорчук и др, 2000б), что среднегодовой расход воды  $Q_{cp}$  связан с шириной при уровне наполнения русла  $B_p$  зависимостью:

$$Q_{cp} = K_y B_p^{1,36} \quad (1)$$

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

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

которая характеризуется отношением среднегодового и среднемаксимального  $Q_{макс}$  расхода воды:

$$y = 100 (Q_{cp} / Q_{макс}) \quad (3).$$

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* (Sidorchuk, Borisova, 2000). 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 (Евстигнеев, 1990, с. 113) «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.

На основе принципа палеогеографической аналогии для реконструкций стока подбирается современная область, которая по комплексу ландшафтно-климатических признаков является аналогом бассейна древней реки. 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 среднемаксимальный 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.

По формулам (1)-(4) были рассчитаны расходы и слой стока воды для 66 участков больших перигляциальных рек Русской равнины, для которых имеются фрагменты хорошо сохранившихся палеорусел (см. рис. 1). Реки тундры Европейской России были использованы в качестве аналога рек поздневалдайского времени. Эти оценки позволили составить карту годового слоя поверхностного стока поздневалдайского времени и оценить годовые объемы стока в основных речных бассейнах (табл.). На северном мегасклоне равнины сток воды составлял около  $380 \text{ км}^3$

Таблица. Годовой объем стока поздневалдайских рек Русской равнины

Река	Площадь водосбора в поздне Валдае, тыс. $\text{км}^2$	Годовой объем стока в поздне Валдае, $\text{км}^3$	Современный объем стока, $\text{км}^3$ (с полного водосбора)
Сев. Двина	260	115	107
Мезень	78	45	20
Печора	322	220	126
Верхняя Волга (без Оки)	173	93	85
Ока	245	147	41
Кама	507	260	88
Средняя и нижняя Волга	249	85	40
Дон	422	110	28
Итого	2256	1075	535

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  $585 \text{ км}^3$ , несмотря на некоторое

уменьшение водосбора верхней Волги. Это более чем вдвое больше современного, и вполне объясняет высокий уровень поздневалдынского Каспия. Основной вклад в этот сток вносили Ока и Кама, сток которых был больше современного в 3 – 3.5 раза. Еще более – 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**

Открытие широкого распространения больших палеорусел на Русской равнине позволило завершить картину циркумполярного распространения этих форм руслового рельефа для северной Евразии (Сидорчук, 2001, Sidorchuk *et al.*, 2003) и всего северного полушария Земли (Sidorchuk, 2003). Определение их позднеледникового возраста, морфометрическая характеристика и анализ строения аллювия создали основу для объективной палеогидрологической реконструкции поверхностного стока на этой территории в позднеледниковое время.

Использование палеогеографической аналогии в качестве методологии палеогидрологических реконструкций в значительной степени реабилитировало применение здесь гидравлико – морфометрических зависимостей. Оно было ранее изрядно дискредитировано огромными величинами восстановленного стока воды (Н.И.Маккавеев в частных беседах довольно резко отзывался о результатах реконструкций Г.Дьюри в его классической работе (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 (Динамика..., 2002)). 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 (Бутаков, 1986). 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 (Квасов, 1975). С учетом реконструкций стока больших рек перигляциальной зоны эта гипотеза (не подтверждаемая ныне и другими данными) является излишней. В четвертых, образование речных террас обычно связывается с врезанием рек. Исследование современной морфологии долин больших перигляциальных рек показывает, что первая надпойменная терраса здесь вышла из под уровня затопления только за счет значительного уменьшения размаха колебания уровня воды на этапе аккумуляции материала в днище речной долины при переходе от перигляциального к современному водному режиму.

Несмотря на продолжительную историю, палеорусловые и палеогидрологические разработки находятся лишь в начальной стадии. Но методологические принципы, предложенные Н.И. Маккавеевым и развиваемые его учениками и последователями, уже вошли в основной фонд этого научного направления и найдут применение при дальнейших исследованиях.

#### Литература.

1. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Изд-во Казанского ун-та., 1986
2. Гаррисон Л.М., Коротаев В.Н., Сидорчук А.Ю. Палеогеоморфологический анализ дельтовой равнины р.Енисей. Вестник Моск.ун-та, сер.геогр., № 6, 1981, с. 103-109
3. Глушков В.Г. Географический и гидрологический метод. //Известия Гос. гидрол. ин-та, 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. Коротаев В.Н., Сидорчук А.Ю., Тарасов П.Е. Палеогеоморфологический анализ речных дельт Тазовского эстуария. Геоморфология, N 2, 1990, с. 78-84.
9. Матвеев Б.В., Панин А.В., Сидорчук А.Ю. Развитие antecedentной долины р. Яны на участке пересечения Куларского хребта. География и природные ресурсы, 1992, № 1, с.102-107.
10. Морфология и динамика русел рек Европейской части России и сопредельных государств. М-б 1: 2000000, М.: ФСГК РФ, 1999.
11. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Макроизлучины рек ЕТС и проблемы палеогидрологических реконструкций. Водные ресурсы, 1992, N 4, с. 93-97.
12. Панин А.В., Сидорчук А.Ю. Геоморфологические свидетельства мощного стока рек Русской равнины в позднем Валдае. Геоморфология на рубеже 21 века, Труды 4 Щукинских чтений, Москва, 2000, с. 331-334
13. 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. Стр. 19-34.
14. Сидорчук А.Ю. Основные этапы формирования рельефа дельты р. Яны. В сб.: Геоморфология и палеогеография Дальнего Востока, Хабаровск, 1975, с.166-180.
15. 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, сер.геогр., № 5, 1999, с. 35-42
16. Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В. Поздневалдайские палеоруслы рек Русской равнины. Известия РАН, серия географическая, 2000а, N 6
17. 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 палеоруслowego анализа). Эрозия почв и русловые процессы, 12 вып., 2000б.
18. Сидорчук А.Ю. Значительный сток воды в поздневалдайской перигляциальной криозоне Восточной Европы и Западной Сибири. // Материалы Второй конференции геокриологов России. Том 3. Региональная и историческая геокриология. Изд. МГУ. 2001. с. 217-224.

19. Чалов Р.С. Историческое и палеорусловедение: предмет, методы исследований и роль в изучении рельефа. // Геоморфология, 1996, №4.
20. Чернов А.В., Гаррисон Л.М. Палеогеографический анализ развития русловых деформаций широкопойменных рек в голоцене (на примере верхней и средней Оби). Бюлл. МОИП, отд. геол. 1981, т. 5, вып. 4, с. 97-108
21. Экспериментальная геоморфология. Вып.2, М.: Изд-во МГУ, 1969.
22. Dury, G.H. (1965). Theoretical implications of underfit streams. *US Geological Survey Professional Paper 452-B*, Washington.
23. Matveev B., Panin A., Sidorchuk A. Rates of formation of forms in a river channel hierarchy: the case of the River Yana in northeast Russia. In.: IAHS Publ N 224, 1994, pp.181-186.
24. Panin A.V., Sidorchuk A. Yu., Chernov A.V. Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain // *Floodplains: Interdisciplinary Approaches*. London, Geological Society Special Publications, 163, 1999. P. 217-229
25. Sidorchuk A., Borisova O., Panin A. Paleohydrology of East European taiga. In. *Boletim Goiano de Geografia*. V.19 N.1, 1999, 98-102.
26. Sidorchuk A.Yu., O.K. Borisova, Method of Paleogeographical Analogues in Paleohydrological Reconstructions. *Quaternary International*. V.72, N 1, 2000, pp.95-106
27. 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*, 2001a, v. 28, 1-4, 303-318
28. Sidorchuk A., O.Borisova, N.Kovalukh & A.Panin. Lateglacial and Holocene palaeohydrology of the lower Vychegda river, western Russia. In: *River Basin Sediment Systems: Arcives of Environmental Change*. (Eds) Darrel Maddy, Mark G. Macklin & Jamie C. Woodward. Swets & Zeilinger B.V. 2001b. Pp.265-296.
29. 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, pp.61-76
30. Sidorchuk A. (2003) Floodplain sedimentation: inherited memories. *Global and Planetary Change*, 39, 1-2, 13 –29