

УДК 551.435.1+551.89

О ВРЕМЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭПОХИ ОБИЛЬНОГО РЕЧНОГО СТОКА
В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ¹© 2024 г. В. Ю. Украинцев^{a, b}, Э. П. Зазовская^{b, c}, А. Л. Захаров^b, Ф. Е. Максимов^d,
А. Ю. Петров^d^aИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия^bИнститут географии РАН, Москва, 119017 Россия^cЦентр прикладных изотопных исследований Университета Джорджии, Атланта, GA 30602 США^dСанкт-Петербургский государственный университет,
Институт наук о Земле, Санкт-Петербург, 199034 Россия

*e-mail: celerymors@gmail.com

Поступила в редакцию 15.11.2023 г.

После доработки 20.11.2023 г.

Принята к публикации 27.11.2023 г.

В бассейне р. Волги на поймах и низких террасах рек широко распространены большие палеоруслы, по размерам значительно превышающие современные. Это индикаторы повышенных величин речного стока в конце последней ледниковой эпохи. Для оценки временного интервала эпохи обильного стока необходимо определить возраст больших палеорусл. Для этих целей выполнено бурение больших палеорусл по всему бассейну Волги. Проведено датирование радиоуглеродным методом отложений русловой фации их аллювия. Большинство дат заключено в интервале времени 14.5–17.0 тыс. лет назад, из чего можно сделать вывод, что эпоха обильного речного стока приблизительно совпадает по времени с раннехвалынской трансгрессией Каспия.

Ключевые слова: большие палеоруслы, макроизлучины, плейстоценовый, последняя ледниковая эпоха, позднеледниковые, радиоуглеродное датирование.

DOI: 10.31857/S0321059624030015 **EDN:** AVDPYU

ВВЕДЕНИЕ

Изменения поверхностного стока в прошлом за пределами периода инструментальных наблюдений изучаются разными методами — по положению культурных слоев археологических памятников [3, 10, 33, 35, 49, 50], по геоморфологическим следам экстремальных эрозионных событий [21, 39, 40, 41], по данным исторической географии [9, 32], путем количественных палеоклиматических реконструкций методом современных аналогов по палеофлористическим данным [2, 29]. Об изменениях расходов воды рек в геологическом прошлом можно судить по размерам древних речных русел. Размеры палеорусл на Восточно-Европейской равнине демонстрируют заметные изменения во времени [12, 16, 26, 27, 36, 43], что указывает на значительные изменения

речного стока [18, 20]. Эти изменения происходили в условиях резких температурных колебаний конца последней ледниковой эпохи. В период примерно с 26 до 19 тыс. лет назад (л. н.) имел место так называемый глобальный максимум последнего оледенения с самой низкой температурой. Основная часть ледниковой эпохи (плейстоценовый) еще продолжалась до ~14.7 тыс. л. н. Начавшееся после этого позднеледниковые включало две контрастные в температурном отношении эпохи — значительное потепление, состоявшее из двух фаз — бёллинг и аллерёд (14.7–12.9 тыс. л. н.), и похолодание, называемое поздним дриасом (12.9–11.7 тыс. л. н.) [30].

Среди древних речных русел, сохранившихся в рельефе поймы и низких террас, особое значение имеют так называемые большие палеоруслы, размеры которых (ширина палеоруслы, шаг излучин) превышают параметры современных рек в 2–5 раз и более. Большие палеоруслы меандрирующего типа получили название “большие меандры”, или “макроизлучины” [11]. Они широко

¹ Полевые работы выполнены на средства РНФ (проект 19-17-00215 “Исследование и моделирование возможных сценариев формирования экстремальных палеогидрологических явлений в бассейне Каспия в позднеледниковые”). Датирование проведено при финансовой поддержке проекта FMWS-2024-0005.

распространены в речных долинах Восточно-Европейской равнины [6–8, 12, 17, 29, 37, 47, 48] и Западной Сибири [19, 46].

В бассейне Волги большие палеоруслас распространены практически повсеместно [23, 47]. По их размерам сделаны количественные оценки слоя стока в конце последней ледниковой эпохи, показывающие, что годовой сток в разных частях речной системы Волги был выше современного в 1.5–2.5 раз, а в замыкающем створе перед вершинной дельты — в 1.7–2.0 раза [22, 47]. Показано, что такого роста стока было достаточно для поддержания уровня Каспийского моря на отметках, близких к максимальным уровням раннехвалынской трансгрессии Каспия; следовательно, для объяснения этой трансгрессии не следует обосновывать наличие сторонних источников воды, таких как талый ледниковый сток и межбассейновые переливы [15, 22, 34, 47]. Проблемой остаются временные границы этой эпохи обильного речного стока — насколько они соответствуют хронологии изменений уровня Каспия. Определить временной интервал этой эпохи можно путем инструментального датирования времени активного формирования больших палеорусел. Для центра Восточно-Европейской равнины это время оценивается в интервале 18–13 тыс. л. н. [42], однако в этой оценке по бассейну Волги учитываются лишь единичные даты [47], что не позволяет надежно судить о возрасте этой эпохи в данном бассейне. Цель настоящей работы — получить систематические данные о возрасте больших палеорусел в бассейне Волги и на этой основе установить интервал эпохи обильного речного стока в поздневалдайскую эпоху.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Большие палеоруслас имеют разные размеры и облик даже у одних и тех же рек. Это связано с изменением стока и расходов воды в пространстве и времени и с зависящим от них типом русла [25]. Кроме того, с течением времени морфологические элементы рельефа поймы меняются, нивелируются, из-за чего некоторые черты рельефа смазываются или даже исчезают. Авторами статьи принята классификация больших палеорусел из работы [14]. Всего различается шесть типов больших палеорусел: унаследованные

макроизлучины, макроизлучины-староречья, меандровые цирки, прямолинейные, системы крупных грив и разветвленные.

В бассейне Волги больше всего унаследованных больших палеорусел — изгибов современного русла реки, повторяющих очертания крупных излучин, созданных ранее в условиях более высокого стока [23]. Особенно они характерны для узких речных долин, где у рек меньше пространства для русловых деформаций. Поскольку в таких случаях современные реки повторяют очертания своих древних русел, можно оценить лишь соотношение между шагами (половиной длины волны) макроизлучин и развитых на их фоне излучин современного русла (рис. 1а). Установить прямым измерением соотношение между древней и современной шириной русла не представляется возможным. Ширину реки в период формирования большого палеоруслас можно оценить лишь косвенным путем по гидролого-морфологическим зависимостям через шаг макроизлучины. Размеры унаследованных макроизлучин могут быть больше современных в 5–6 раз и более, но типичное соотношение в бассейне Волги — в 3–4 раза [22]. Большая величина соотношения шагов древних и современных излучин может наблюдаться также у меандровых цирков (примером может служить р. Танып около Тангатарово) (рис. 1в) и систем крупных грив (р. Большой Иргиз около Малой Быковки) (рис. 1д), для которых также невозможно измерить ширину русла. В других случаях шаг прослеживается четко и его ширина может быть получена путем прямых измерений, как, например, у рек Сок (большое количество хорошо сохранившихся макроизлучин-староречий) (рис. 1б), Весляна (большое прямолинейное русло около села Оныл) (рис. 1г) и Чагодоша (следы разветвленного русла в районе впадения р. Мережи) (рис. 1е).

В случае унаследованных макроизлучин нельзя однозначно оценивать их возраст как поздневалдайский (последняя ледниковая эпоха), особенно если их шпоры заняты высокими террасами или даже участками междуречья [23]. Кроме того, для определения возраста радиоуглеродным (^{14}C) методом нужно найти аллювий, содержащий органические материалы (древесину, макроостатки растений и т. п.). В связи с этим объекты для бу-

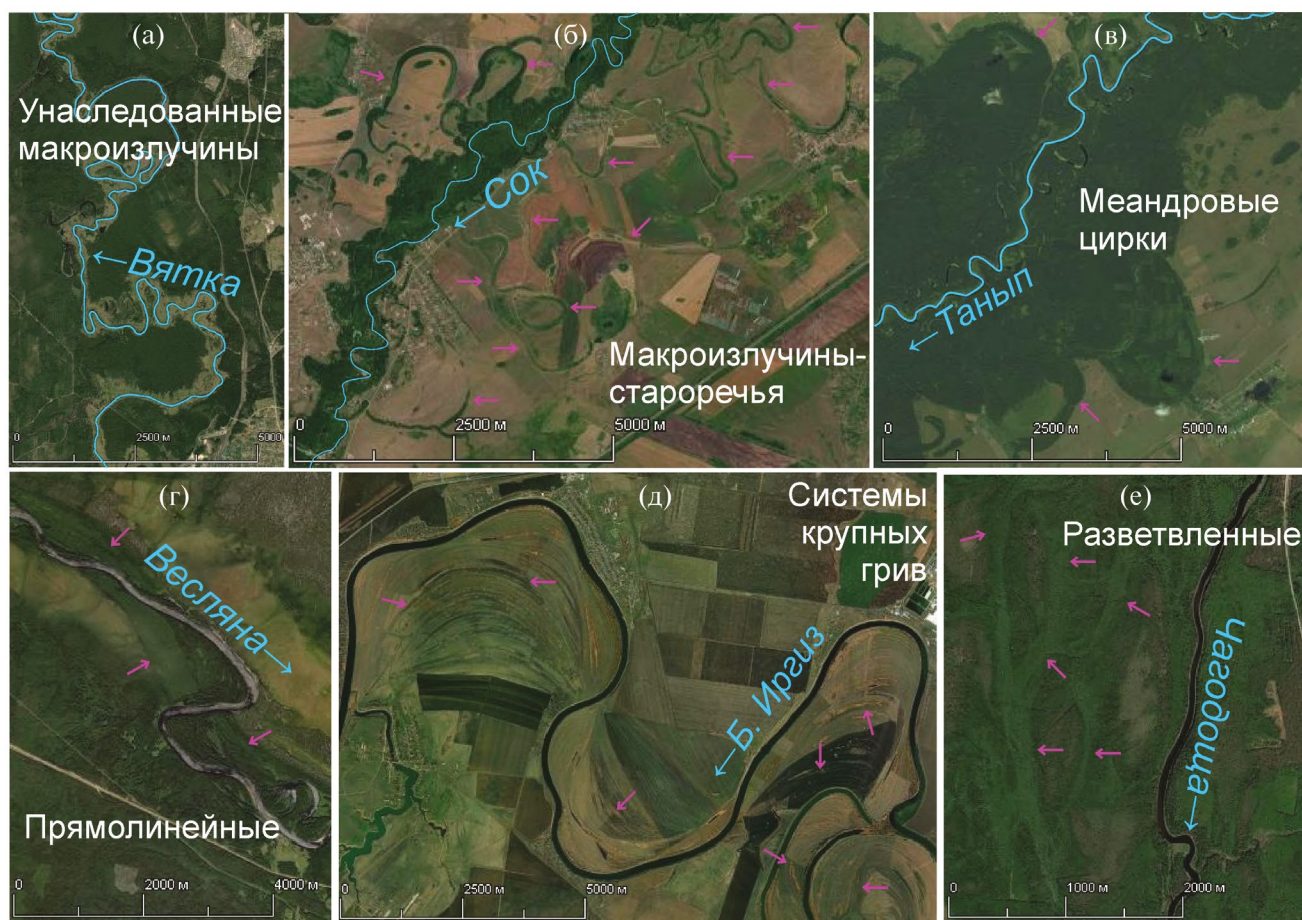


Рис. 1. Геоморфологические признаки обильного в прошлом речного стока в речных долинах бассейна Волги.

рения и дальнейшего определения возраста отбирались из числа хорошо сохранившихся в рельефе палеорусел-староречий, сохранившихся на поймах в стороне от пояса горизонтальных деформаций современной реки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения времени активного развития палеорусла необходимо определить возраст его руслового аллювия. Для этого в больших палеоруслах осуществлялось бурение, а полученный керн расчленялся на генетические типы отложений, в том числе проводился фациальный анализ аллювия. Большая часть буровых работ была выполнена на буровой установке «Прайд Маунт 80» («Pride Mount 80») на шасси УАЗ 3303 усовершенствованным шнековым способом. Шнек заворачивался на 1–2 м с обеспечением минимальной деформации отложений и затем поднимался вместе с керном. Отложения оказывались

на поверхности в максимально ненарушенном состоянии с сохранившимися текстурами, новообразованиями, неорганическими и органическими включениями, доступными для их изучения в состоянии *in situ* и отбора на разные виды анализов.

Выбор мест бурения проводился перед полевыми выездами с использованием данных дистанционного зондирования. На космоснимках отбирались наиболее представительные участки, где хорошо выражены палеорусла с измеримыми параметрами. Из отобранных участков выбирались оптимальные с точки зрения транспортной доступности, а также хозяйственного использования (отсутствие инженерных коммуникаций, путепроводов и т. п.). Окончательный выбор объектов для бурения проводился на местности.

Разрезы колонок расчленялись согласно классическим представлениям об ожидаемой после-

довательности фаций в палеорусле [28] (сверху вниз): пойменная (как правило, суглинистая, маломощная, только в заполненных палеоруслах), старичная (гиттия, торф, суглинок), русловая (песок, гравий, галька — обычно в соответствии с крупностью современного аллювия). Возраст больших палеорусел определялся ^{14}C -методом по органическим остаткам, содержащимся в русловом аллювии. Образцы на датирование отбирались на месте бурения из зачищенного керна. В некоторых редких случаях удавалось отобрать крупные образцы с достаточно большим содержанием органического вещества в виде рассеянной органики или растительных остатков. Радиоуглеродное датирование таких образцов проводилось жидко-сцинтилляционным (LSC) методом в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана СПбГУ (лабораторный индекс LU). Применялась стандартная методика [1]. Из образца выделялась и очищалась подходящая для датирования фракция путем поочередной обработки растворами HCl и NaOH . Далее выделенная фракция через пиролиз переводилась в элементарный углерод (уголь), из которого путем взаимодействия угля с металлическим литием при 800°C в вакууме получался карбид лития. При разложении карбида лития водой получали ацетилен, который на ванадий-алюмосиликатном катализаторе превращался в бензол. В очищенный бензол добавлялись сцинтилляторы 2.5-дифенилоксазол (PPO) и 1.4-ди-[2-(5-фенилоксазолил)]-бензол (POPOP). Активность радиоуглерода в образце бензола определяли на низкофоновом жидкостно-сцинтилляционном спектрометре “Квантулус 1220” (“Quantulus 1220”). По результатам измерений образца, фона и стандарта вычислялся радиоуглеродный возраст.

Чаще всего в керне удавалось найти лишь небольшие прослои дисперсной органики или растительные ткани, ветки, в которых масса органического углерода была недостаточной для измерения возраста LSC-способом. В таких случаях определение ^{14}C -возраста проводилось с применением ускорительной масс-спектрометрии (AMS). Очистка образцов от посторонних примесей, выделение датирующей фракции, получение графита и прессование графитовых

мишеней для измерения ^{14}C , графитизация стандартных образцов для измерений были проведены в ЦКП „Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии“ Института географии РАН (лабораторный индекс IGAN_{AMS}). Измерения проводились в Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США).

После получения ^{14}C -дат необходимо было привести их к астрономической шкале времени (откалибровать). Калибровка проводилась в среде OxCal 4.4 Online [44] по калибровочной кривой IntCal20 [45]. Калиброванные даты представлены как медианные значения возраста (календарных лет назад — кал. л. н.) со стандартным отклонением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

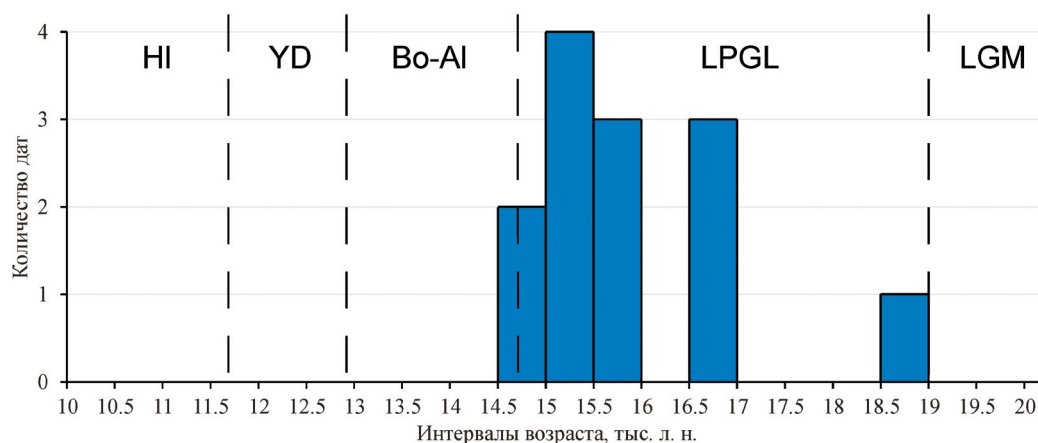
Всего по русловому аллювию больших палеорусел получено 11 дат (табл. 1). Дата на глубине 2.9 м на р. Пижме была сразу отброшена как инверсионная (вероятно, результат переотложения более древней органики). Распределение дат по интервалам возрастов показано на рис. 2, при этом от каждого палеорусла бралась одна, более древняя дата. В график на рис. 2 добавлено 5 дат по большим палеоруслам Дубны (15840 ± 80 , 15620 ± 100 и 15310 ± 80 кал. л.н. [13]) и верхней Волги (16.7 ± 1.5 и 15.4 ± 1.0 тыс. кал. л. н., ОСЛ-даты [38]).

Согласно полученным данным, возраст русловой фации аллювия изученных больших палеорусел в основном попадает в интервал 14.5–17.0 тыс. кал. л. н. Две даты из палеорусла р. Мокши имеют возраст ~18.7 тыс. кал. л. н. Однако это палеорусло Мокши не имеет увеличенных по сравнению с современной рекой размеров, а значит, может отражать сток реки ~19 тыс. л. н., не связанный с большими палеоруслами.

По литературным данным, обобщенным в работе [51], а также данным по бассейнам верхнего [7] и среднего Дона [11, 14], верхнего и среднего Днепра [12, 29, 36, 37], большие палеорусла формировались в Центральной и Восточной Европе 18–13 тыс. л. н. В работе [37] по причине более ранних дат начало фазы мощного речного сто-

Таблица 1. Радиоуглеродные даты по аллювию больших палеорусел рек бассейна Волги и Северного Прикаспия (ТОС – рассеянное органическое вещество, или общий органический углерод)

№ точки, широта/долгота	Река	Глубина от поверхности, м	Датированный материал, вмещающие отложения	¹⁴ C возраст, л. н. (BP)	Калиброванный возраст, л. н. (BP)	Лабораторный индекс
19552, 57.1849° с.ш. 36.3356° в. д.	Медведица (л. п. Волги)	1.25	ТОС в суглинке с кластерами песка	12805 ±35	15280 ±80	IGAN _{AMS} 7353
Мк-19-03, 54.6765° с. ш. 41.9288° в. д.	Мокша	3.2–3.3	ТОС в переслаивании песка и суглинка	15075 ±40	18520 ±130	IGAN _{AMS} 7719
		5.2–5.3		15410 ±40	18744 ±51	IGAN _{AMS} 7720
20903, 54.5392° с. ш. 42.0455° в. д.		3.7	ТОС в песке с прослоями суглинка	13680 ±40	16530 ±90	IGAN _{AMS} 9336
		4.4		13640 ±40	16470 ±80	IGAN _{AMS} 9337
20910, 56.5050° с. ш. 53.0385° в. д.	Иж	4.2	Растительные макроостатки в переслаивании песка и суглинка	12400 ±40	14530 ±180	IGAN _{AMS} 9678
20944, 57.7292° с. ш. 47.9323° в. д.	Пижма	2.9	ТОС в переслаивании песка и суглинка	13630 ±50	16460 ±91	IGAN _{AMS} 9877
		4.35		12765 ±50	15224 ±86	IGAN _{AMS} 9878
211041, 53.0011° с. ш. 51.2717° в. д.	Самара	6.7–6.9	Растительные макроостатки в песке	12630 ±160	14920 ±330	LU-10550
211046, 53.2775° с. ш. 50.7860° в. д.	Большой Кинель	4.4-4.6	Растительные макроостатки в песчанистом суглинке	13000 ±250	15560 ±400	LU-10552
211107, 50.6898° с. ш. 47.9882° в. д.	Большой Узень	9.0	Растительные макроостатки в переслаивании суглинка с алевроитом и тонким песком	13860 ±230	16800 ±330	LU-10558

**Рис. 2.** Гистограмма распределения дат по русловому аллювию больших палеорусел. Основные климатические эпохи последних 20 тыс. лет: до 19 тыс. л. н. – максимум последнего оледенения (LGM), до 14.7 – поздний плейстоцен (LPGL), до 12.9 – потепление бёллинг-аллерёд (Bo-Al), до 11.7 – похолодание поздний дриас (YD), после 11.7 – современное межледниковье (голоцен; HI) (по [30]).

ка отнесено к более раннему периоду. В работе [31] даты ранее 18 тыс. л. н. (их всего две) по русловому аллювию трактуются как свидетельство переотложения органического материала в аллювии. Исходя из результатов настоящего исследования, можно считать, что большие палеорула в бассейне Волги формировались в период 17.0–14.5 тыс. кал. л. н., т. е. в конце пленигляциала — начале позднеледниковья, и вскоре после начала потепления бёллинг-аллерёд их формирование прекратилось (рис. 2). В распределении дат имеется перерыв в интервале 16.0–16.5 тыс. л. н., но небольшой объем данных пока не позволяет уверенно трактовать это как свидетельство перерыва между двумя фазами обильного стока. Не наблюдается и территориальных различий времени формирования больших палеорусел: в разных природных зонах и в разных частях бассейна Волги даты систематически не различаются (рис. 3).

До сих пор практически не уделялось внимания изучению больших палеорусел долин рек, подтопленных водами раннехвалынского бассейна. Большие палеорула могли сформироваться там только после отступления моря. Согласно последним данным [4], основная фаза трансгрессии с наиболее высоким подъемом уровня длилась с 17 до 15 тыс. л. н., однако по-прежнему неясно, в какой период времени береговая

линия находилась на абсолютной (абс.) высоте +22 м. По [5], максимум трансгрессии продолжался вплоть до 13.5 тыс. л. н., что несколько позже времени прекращения обильного стока (возраста самых молодых больших палеорусел) в бассейне Волги. Из русловой фации большого палеорула р. Большой Узень, располагающейся на высоте +23 м абс., получена ^{14}C -дата ~16.8 тыс. л. н. (табл. 1), причем продатированный аллювий этого палеорула располагался на уровне +21 м абс. Из пойменного аллювия той же реки с уровня +24 м абс. получена ^{14}C -дата ~16.6 тыс. л. н. [24]. Эти данные говорят в пользу того, что максимум трансгрессии был раньше 16.5–17 тыс. л. н., однако уверенно утверждать это на настоящем этапе нельзя, поскольку полученные данные пока единичны.

ВЫВОДЫ

Большие палеорула в бассейне Волги формировались в конце позднего плейстоцена, в интервале времени 17.0–14.5 тыс. л. н., т. е. в конце пленигляциала — начале интерстадиала (потепления) бёллинг-аллерёд. Различий во времени формирования больших палеорусел по всему бассейну Волги не установлено. Даты по отложениям руслового аллювия больших палеорусел бассейна Волги хорошо соответствуют последним данным о времени раннехвалынской трансгрессии Каспия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1987. 300 с.
2. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические условия в центральной части Восточно-Европейской равнины в последние 22 тысячи лет (реконструкция по палеоботаническим данным) // Вод. ресурсы. 2021. Т. 48. № 6. С. 664–675. DOI: 10.31857/S0321059621060031
3. Карманов В.Н., Чернов А.В., Зарецкая Н.Е., Панин А.В., Волокитин А.В. Опыт применения данных палеорусловедения в археологии на примере изучения Средней Вычегды (европейский северо-восток России) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2013. Т. 54. № 2. С. 109–119.
4. Курбанов Р.Н., Беляев В.Р., Свистунов М.И., Бутузо-

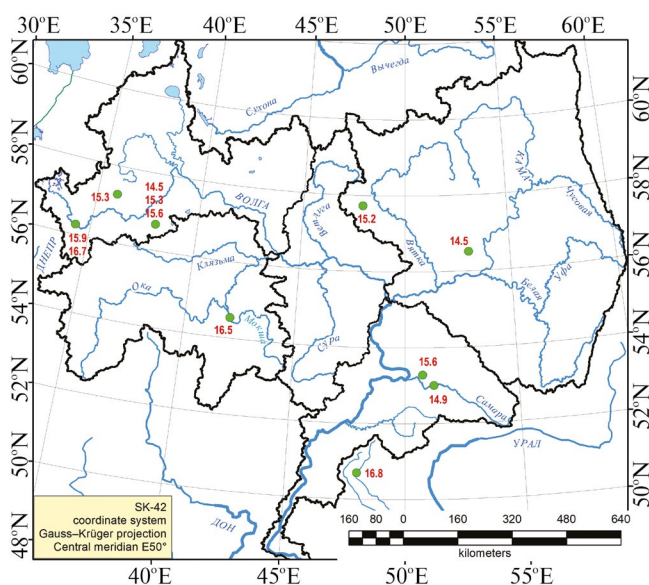


Рис. 3. Пространственное положение датированных больших палеорусел бассейна Волги и медианные значения ^{14}C дат по русловому аллювию. Зеленые точки — скважины с продатированным русловым аллювием, цифра рядом — возраст руслового аллювия.

- ва Е.А., Солодовников Д.А., Таратунина Н.А., Янина Т.А. Новые данные о возрасте раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря // Изв. РАН. Сер. географическая. 2023. Т. 87. № 3. С. 403–419. DOI: 10.31857/S2587556623030081
5. *Макшаев Р.Р., Ткач Н.Т.* Хронология хвалынского этапа развития Каспия по данным радиоуглеродного датирования // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 1. С. 37–54. DOI: 10.31857/S2949178923010103
 6. *Матлахова Е.Ю.* Макроизлучины реки Вороны как свидетельства мощного речного стока в позднеледниковье // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2021. № 2. С. 103–109.
 7. *Матлахова Е.Ю., Панин А.В., Беляев В.Р., Борисова О.К.* Развитие долины Верхнего Дона в конце позднего плейстоцена // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2019. № 3. С. 83–92.
 8. *Матлахова Е.Ю., Украинцев В.Ю., Панин А.В.* История развития долины р. Мокши в конце позднего плейстоцена // Геоморфология. 2022. Т. 52. № 3. С. 105–115. DOI: 10.31857/S0435428122050108
 9. *Панин А.В., Иванова Н.Н., Голосов В.Н.* Речная сеть и эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейне верхнего Дона // Вод. ресурсы. 1997. Т. 24. № 6. С. 663–671.
 10. *Панин А.В., Нефедов В.С.* Анализ изменений уровня режима рек и озер в верховьях Волги и Западной Двины по археолого-геоморфологическим данным // Вод. ресурсы. 2010. Т. 37. № 1. С. 17–32. DOI: 10.1134/S0097807810010021
 11. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю.* Макроизлучины (“большие меандры”): проблемы происхождения и интерпретации // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2006. № 6. С. 14–22.
 12. *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.
 13. *Панин А.В., Сорокин А.Н., Бричева С.С., Матасов В.М., Морозов В.В., Смирнов А.Л., Солодков Н.Н., Успенская О.Н.* История формирования ландшафтов Заболотского торфяника в контексте инициального заселения Дубнинской низины (бассейн верхней Волги) // Вестн. археологии. 2022. Т. 57. № 2. С. 85–100. DOI: 10.20874/2071-0437-2022-57-2-7
 14. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Власов М.В.* Мощный поздневалдайский речной сток в бассейне Дона // Изв. РАН. Сер. географическая. 2013. № 1. С. 118–129.
 15. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Украинцев В.Ю.* Вклад талых ледниковых вод в формирование стока Волги в последнюю ледниковую эпоху // Вод. ресурсы. 2021. Т. 48. № 6. С. 656–663. DOI: 10.31857/S0321059621060146
 16. *Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Ковалюх Н.Н., Панин А.В., Чернов А.В.* Палеогидрология нижней Вычегды в позднеледниковье и голоцене // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 1999. № 5. С. 34–41.
 17. *Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В.* Поздневалдайские палеорусла рек Русской равнины // Изв. РАН. Сер. географическая. 2000. № 6. С. 73–78.
 18. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.* Климатически обусловленные изменения речного стока на равнинах Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене // Вод. ресурсы. 2008. Т. 35. № 4. С. 406–416. DOI: 10.1134/2FS0097807808040027
 19. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.* Позднеледниковые палеорусла рек Западной Сибири // Изв. РАН. Сер. географическая. 2008. № 2. С. 67–75.
 20. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.* Снижение стока рек равнин Северной Евразии в оптимум голоцена // Вод. ресурсы. 2012. Т. 39. № 1. С. 40–53. DOI: 10.1134/S032105961201004X
 21. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К., Еременко Е.А.* Геоморфологические подходы к оценке величин речного стока в геологическом прошлом (ст. 3. Анализ структуры сети водотоков) // Геоморфология. 2018. № 1. С. 18–32. DOI: 10.7868/S0435428118010029
 22. *Сидорчук А.Ю., Украинцев В.Ю., Панин А.В.* Оценка годового стока Волги в позднеледниковье по данным о размерах палеорусел // Вод. ресурсы. 2021. Т. 48. № 6. С. 643–655. DOI: 10.31857/S0321059621060171
 23. *Украинцев В.Ю.* Следы мощного речного стока в долинах рек бассейна Волги в поздневалдайскую эпоху // Геоморфология. 2022. № 1. С. 26–34. DOI: 10.31857/S0435428122010126
 24. *Украинцев В.Ю., Панин А.В., Захаров А.Л., Кириллова И.В., Успенская О.Н., Янина Т.А.* Новые данные о строении речных долин северного Прикаспия // Исследования природы и общества в условиях глобальных трансформаций. Сб. материалов XV всерос. молодежной науч. шк.-конф. “Меридиан”. М.: ИГ РАН, 2023. С. 240–246.

- DOI: 10.15356/Meridian2023
25. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во Московского ун-та, 2004. 371 с.
 26. Чернов А.В. Морфология и история развития долины реки Москвы в позднеледниковье и голоцене // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 4. С. 79–96. DOI: 10.31857/S0435428121040052
 27. Чернов А.В., Зарецкая Н.Е., Панин А.В. Эволюция и динамика верхней и средней Вычегды в голоцене // Изв. РГО. 2015. Т. 147. № 5. С. 27–49.
 28. Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит // Тр. ин-та геол. наук АН СССР. 1951. № 135. 274 с.
 29. Borisova O., Sidorchuk A., Panin A. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data // Catena. 2006. V. 66. P. 53–73. DOI:10.1016/j.catena.2005.07.010
 30. Cohen K., Gibbard P. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500 // Quaternary Int. 2019. V. 500. P. 20–31. DOI: 10.1016/j.quaint.2019.03.009
 31. Gelfan A., Panin A., Kalugin A., Morozova P., Semenov V., Sidorchuk A., Ukraintsev V., Ushakov K. Hydroclimatic processes as the primary drivers of the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea: new developments // Hydrol. Earth System Sci. 2024. V. 28. P. 241–259. DOI: 10.5194/hess-28-241-2024
 32. Golosov V., Panin A. Century-scale stream network dynamics in the Russian Plain in response to climate and land use change // Catena. 2006. V. 66. P. 74–92. DOI: 10.1016/j.catena.2005.07.011
 33. Karmanov V., Zaretskaya N., Panin A., Chernov A. Reconstruction of Local Environments of Ancient Population in a Changeable River Valley Landscape (The Middle Vychegda River, Northern Russia) // Geochronometria. 2011. V. 38. № 2. P. 128–137. DOI: 10.2478/s13386-011-0018-5
 34. Kislov A., Panin A., Toropov P. Current status and palaeostages of the Caspian Sea as a potential evaluation tool for climate model simulations // Quaternary Int. 2014. V. 345. P. 48–55. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.05.014
 35. Lapteva E., Zaretskaya N., Lychagina E., Trofimova S., Demakov D., Kopytov S., Chernov A. Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia // Vegetation History and Archaeobotany. 2023. V. 32. P. 361–385. DOI: 10.1007/s00334-023-00913-5
 36. Panin A., Adamiec G., Arslanov K., Bronnikova M., Filippov V., Sheremetskaya E., Zaretskaya N., Zazovskaya E. Absolute chronology of fluvial events in the Upper Dnieper river system and its palaeogeographic implications // Geochronometria. 2014. V. 41. № 3. P. 278–293. DOI: 10.2478/s13386-013-0154-1
 37. Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., Novenko E. Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain // Quaternary Sci. Rev. 2017. V. 166. P. 266–288. DOI:10.1016/j.quascirev.2016.12.002
 38. Panin A., Baranov D., Moska P. Rates of postglacial incision of the upper Volga river estimated by luminescence dating of the terrace staircase // Practical Geography and XXI Century Challenges. Moscow: Inst. Geogr. RAS Publ., 2018. P. 569–574. DOI:10.15356/IGRAS100CONF_V1
 39. Panin A., Borisova O., Belyaev V., Belyaev Yu., Eremenko E., Fuzeina Y., Sheremetskaya E., Sidorchuk A. Evolution of the Upper Reaches of Fluvial Systems within the Area of the East European Plain Glaciated during MIS 6 // Quaternary. 2022. T. 5. № 1. P. 1–26. DOI: 10.3390/quat5010013
 40. Panin A., Borisova O., Konstantinov E., Belyaev Yu., Eremenko E., Zakharov A., Sidorchuk A. The Late Quaternary evolution of the upper reaches of fluvial systems in the southern East European Plain. Quaternary. 2020. № 4. A. 31. DOI: 10.3390/quat3040031
 41. Panin A., Fuzeina Yu., Karevskaya I., Sheremetskaya E. Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the center of the Russian Plain // Geographia Polonica. 2011. V. 84. P. 95–115. DOI: 10.7163/GPol.2011.1.6
 42. Panin A., Matlakhova E. Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // Catena. 2015. V. 130. P. 46–61. DOI: 10.1016/j.catena.2014.08.016
 43. Panin A., Sidorchuk A., Chernov A. Historical background to floodplain morphology: Examples from the East European plain // Floodplains: Interdisciplinary Approaches. London: Geol. Soc. Special Publ., 1999. V. 163. P. 217–229. DOI: 10.1144/GSL.SP.1999.163.01.17
 44. Ramsey C.B. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. V. 51. № 1. P. 337–360. DOI:10.1017/S0033822200033865
 45. Reimer P.J., Austin W.E., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T.,

- Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen A., Kromer B., Manning S., Muscheler P., Palmer J., Pearson C., Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S.* The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. 2020. V. 62. № 4. P. 725–757. DOI: 10.1017/RDC.2020.41
46. *Sidorchuk A.* The Large Rivers of the Past in West Siberia: Unknown Hydrological Regimen // *Water*. 2023. V. 15. A. 258. DOI: 10.3390/w15020258
47. *Sidorchuk A., Panin A., Borisova O.* Morphology of river channels and surface runoff in the Volga River basin (East European Plain) during the Late Glacial period // *Geomorphology*. 2009. V. 113. P. 137–157. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.03.007
48. *Sidorchuk A., Panin A., Borisova O.* Surface runoff to the Black Sea from the East European Plain during Last Glacial Maximum–Late Glacial time // *Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis*. Geological Society of America. Special Paper. 2011. P. 1–25. DOI: 10.1130/2011.2473(01)
49. *Syrovatko A., Panin A., Troshina A., Zaretskaya N.* Magnitude and chronology of extreme floods in the last 2 ka based on the stratigraphy of a riverine archeological site (Schurovo settlement, middle Oka River, Central European Russia) // *Quaternary Int.* 2019. V. 516. P. 83–97. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.10.002
50. *Syrovatko A., Zaretskaya N., Troshina A., Panin A.* Radiocarbon chronology of the Schurovo burial mound cremation complex (Viking Times, Middle Oka River, Russia) // *Radiocarbon*. 2012. V. 54. № 3. P. 771–781. DOI: 10.1017/S0033822200047421
51. *Vandenberghe J., Sidorchuk A.* Large Palaeomeanders in Europe: Distribution, Formation Process, Age, Environments and Significance // *Palaeohydrology*. Cham: Springer, 2020. P. 169–186. DOI:10.1007/978-3-030-23315-0_9