

УДК 551.435.11+551.89

Е.Ю. Матлахова¹, А.В. Панин², В.Р. Беляев³, О.К. Борисова⁴

РАЗВИТИЕ ДОЛИНЫ ВЕРХНЕГО ДОНА В КОНЦЕ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

По всему бассейну Дона на поймах рек встречаются аномально крупные палеорусл (макроизлучины), свидетельствующие о величинах стока, в несколько раз превышавших современные. Подобные макроизлучины обнаружены в верхнем течении р. Дон. Для реконструкции хронологии развития долины Верхнего Дона в позднем плейстоцене проведено изучение ключевого участка долины в районе г. Епифань, бурение палеорусел, а также методами радиоуглеродного и оптически-люминесцентного датирования установлен возраст различных аллювиальных толщ. Анализ полученных данных позволил реконструировать основные этапы развития долины Верхнего Дона в позднем плейстоцене, выявить эпохи повышенной водности и соответствующие им этапы врезания и функционирования макроизлучин и разделяющие их этапы пониженной водности и аккумуляции в долине. Около 30–35 тыс. лет назад происходило врезание реки глубже современного уровня, связанное с климатическими изменениями и ростом водности реки. Во время последнего ледникового максимума (LGM, 20–23 тыс. л. н.) на фоне иссушения климата в регионе водность реки упала, врезание сменилось аккумуляцией. После LGM, 13–19 тыс. л. н., произошло значительное повышение водности, приведшее к формированию макроизлучин, разработавших широкое днище долины. Их развитие происходило в два этапа: 17–19 и 13–15 тыс. л. н., прерываясь интервалом низкого стока (~15–16 тыс. л. н.). Для голоцена было характерно понижение водности и сужение пояса меандрирования реки.

Ключевые слова: позднеледниковье, большие палеорусл, макроизлучины, история развития речных долин, флювиальная геоморфология, палеогеография плейстоцена

Введение. В долинах рек Восточно-Европейской равнины на поймах и низких террасах сохранились фрагменты больших палеорусел (макроизлучин) с шириной в разы (иногда в 10–15 раз) превышающей их современные параметры [Панин с соавт., 1992; Panin et al., 1999; Сидорчук с соавт., 2000]. Макроизлучины имеют широкое распространение в умеренном климатическом поясе Северного полушария [Sidorchuk et al., 2003], однако наилучшей сохранностью и выраженностью фрагментов макроизлучин в рельефе долин выделяются центральная и южная части Восточно-Европейской равнины, в особенности притоки Дона.

По всему бассейну Дона на поймах рек встречаются аномально крупные палеорусл, свидетельствующие о величинах стока, в 3–4 раза превышавших современные. Полевые исследования и датирование аллювиального заполнения этих палеорусел проведены на притоках среднего Дона, где было выявлено, что формирование больших палеорусел происходило в позднеледниковье, между максимумом последнего оледенения и началом голоцена [Панин с соавт., 2013]. В долине самого Дона большие палеорусл до сих пор выявлены не были. Выказывалось предположение, что следами повышенного речного стока могут служить крупные меандровые цирки среднего течения Дона [Панин с соавт., 1992]. Отсутствие морфологически выраженных

крупных палеорусел на Среднем Дону может быть связано с глубоким врезом реки в позднеледниковье, так что палеорусл того времени находятся в погребенном состоянии. Именно в среднем течении продольный профиль рек наиболее сильно реагирует на изменения стока – углубляется при росте расходов воды и поднимается за счет аккумуляции наносов при снижении стока [Чалов, 1995]. На Нижнем Дону врезание в конце позднего плейстоцена было вызвано снижением базиса эрозии – уровня Черного моря. Следовательно, и там можно рассчитывать на присутствие в рельефе поймы только голоценовых форм. Для поиска реликтов доголоценовых палеорусел остается только Верхний Дон.

Выше впадения Красивой Мечи Дон протекает в стесненной коренными берегами долине с узкой поймой, исключаяющей возможность широких горизонтальных деформаций русла. Поэтому геоморфологическая летопись истории развития долины здесь крайне бедна. Исключение составляет лишь самый верхний по течению участок в районе пос. Епифань. Дно долины здесь расширяется, и в нем становятся отчетливо заметны крупные меандрирующие палеорусл (рис. 1, 2). Это единственный участок на Верхнем Дону, где в рельефе дна долины сохранились следы блуждания реки, позволяющие оценить размеры древних русел, а значит и величин водного стока в прошлом. Это послужило мотивом для по-

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: matlakhova_k@mail.ru.

² МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; Институт географии РАН, лаборатория эволюционной географии, заведующий; e-mail: a.v.panin@yandex.ru.

³ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, вед. науч. с, канд. геогр. н.; кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с.; e-mail: vladimir.r.belyaev@gmail.com.

⁴ Институт географии РАН, лаборатория эволюционной географии, гл. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: olgakborisova@gmail.com.

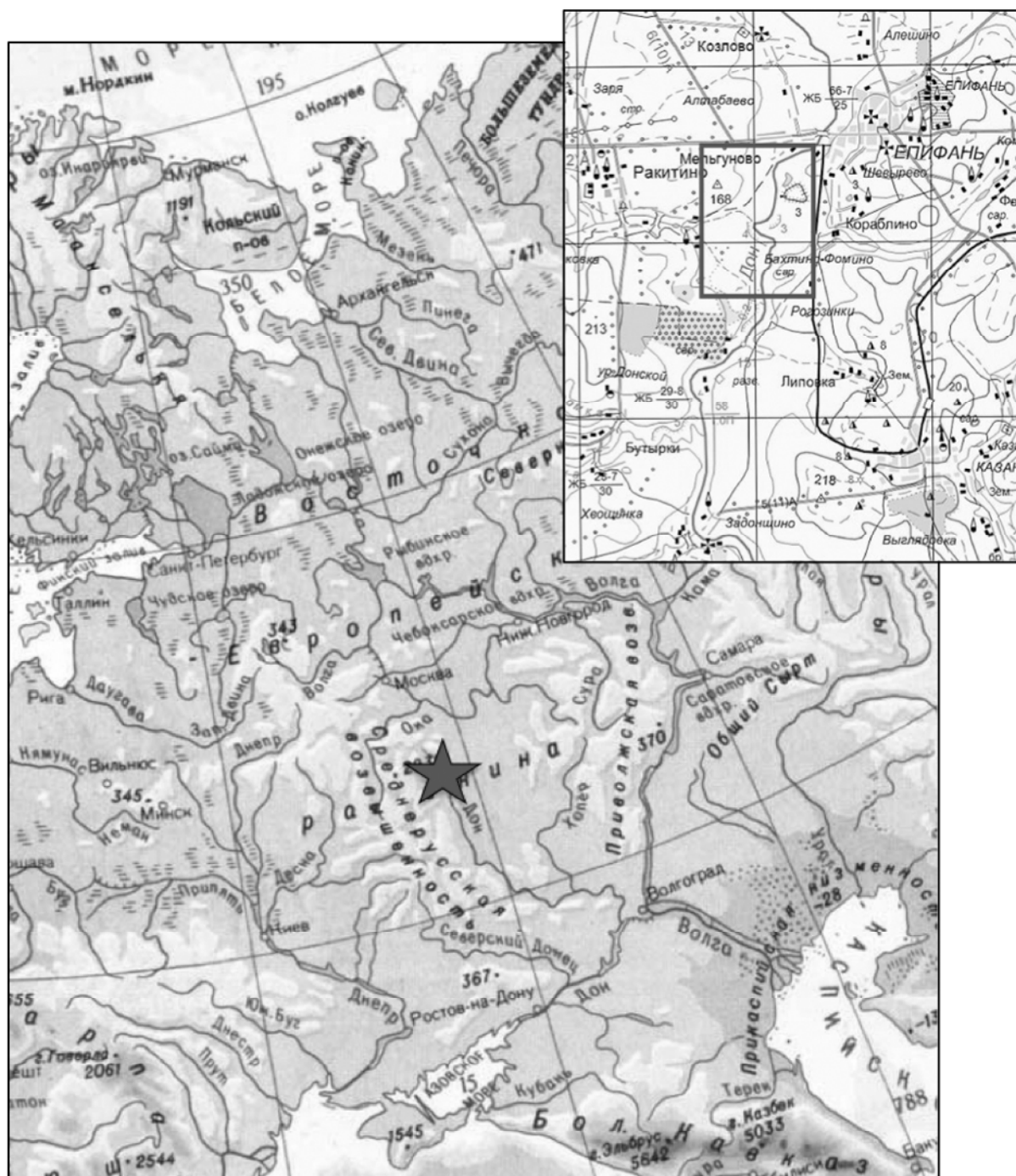


Рис. 1. Положение изучаемого участка долины р. Дон в районе г. Епифань Тульской области

Fig. 1. Study area in Don River valley near Epifan town (Tula Region, Russia)

становки здесь специальных исследований, цель которых – реконструировать историю развития долины Верхнего Дона, установить хронологию изменений водности реки и связанных с ними этапов врезания и аккумуляции в долине.

Геолого-геоморфологическая характеристика района. В геолого-тектоническом отношении территория располагается в пределах древней платформы, имеющей архей-протерозойский кристаллический фундамент и мощный чехол разновозрастных осадочных отложений. Большое значение для фор-

мирования современного облика рельефа территории в целом и речной долины в частности имеет геологическое строение верхней части осадочного чехла.

С поверхности на рассматриваемой территории залегают преимущественно четвертичные отложения различного генезиса: ледникового, флювиогляциального, лимногляциального, аллювиального и склонового, часто перекрытые покровными отложениями. Ледниковые отложения представлены днепровской мореной (валунный суглинок), флювио- и



Рис. 2. Геоморфологическая карта на ключевой участок долины р. Дон в районе г. Епифань. Условные обозначения: 1 – голоценовая низкая и средняя пойма; 2 – позднеплейстоценовая высокая пойма (молодая генерация, 13–15 тыс. л. н.); 3 – позднеплейстоценовая высокая пойма (древняя генерация, 17–19 тыс. л. н.); 4 – позднеплейстоценовая надпойменная терраса; 5 – коренной эрозионный склон; 6 – междуречье; 7 – современное русло; 8 – контуры макроизлучин четкие; 9 – контуры макроизлучин нечеткие; 10 – линии профилей; 11 – скважины

Fig. 2. Geomorphological map of key site of Don River valley near Epifan town. Legend: 1 – Holocene low and middle floodplain; 2 – Late Pleistocene high floodplain (young generation, 13–15 ka BP); 3 – Late Pleistocene high floodplain (old generation, 17–19 ka BP); 4 – Late Pleistocene terrace; 5 – erosional slope; 6 – interfluvial; 7 – modern channel; 8 – clear contours of paleochannels; 9 – unclear contours of paleochannels; 10 – profile lines; 11 – boreholes

лимногляциальные отложения – преимущественно песками и алевритами. Аллювиальные отложения представлены песками, иногда с гравием и галькой, а также суглинками и супесями; склоновые и покровные отложения – в основном легкими лессовидными суглинками [База данных ... ВСЕГЕИ].

Под четвертичными отложениями залегают коренные породы мелового, юрского, каменноугольного и девонского возраста. Все они представлены морскими осадками различной литологии. Меловые отложения на рассматриваемой территории представлены чередованием песков и глин, юрские – глинами и песками с растительными остатками. Отложения среднего карбона представляют собой пестроцветные глины с прослоями песков и песчаников, нижнего – пески с прослоями глин. Лишь самый нижний ярус нижнего карбона сложен известняками, мергелями и глинами, а девонские отложения – известняками, доломитами и мергелями [База данных ...; Геология ..., 1971].

На исследуемом участке в районе г. Епифань долина Дона прорезает лишь верхние толщи карбона, до нижележащих же известняков и доломитов она дорезается только ниже устья р. Непрядвы, где в днище долины под четвертичными отложениями вскрываются верхнедевонские доломиты и известняки. Этими различиями в геологическом строении объясняется расширение долины Дона на исследуемом участке выше устья Непрядвы, где река врезается в податливые пески и глины. Ниже по течению, когда река начинает врезаться в известняки и доломиты, долина сильно сужается, с чем связано отсутствие широкой поймы в днище долины и соответственно сохранившихся на ней макроизлучин.

В геоморфологическом отношении исследуемая территория находится в пределах восточной окраины Среднерусской возвышенности, южнее границы распространения московского оледенения. В связи с этим на междуречьях не сохранилось аккумулятивных ледниковых форм рельефа, а эрозионная сеть отличается большой густотой. Общий характер рельефа рассматриваемой территории равнинный, относительно перепады высот, несмотря на развитую эрозионную сеть, невелики (первые десятки метров), очертания форм сглажены, что объясняется характером рыхлых отложений (преобладание песков и суглинков, как среди четвертичных отложений, так и подстилающих их коренных пород). Развитая овражно-балочная сеть имеет древовидный в плане рисунок.

В долине Дона (ниже по течению) выделяется 4 уровня надпойменных террас (подразделяемых на подуровни) и 3 уровня поймы. Аллювиальные комплексы террас имеют двучленное строение аллювия каждой из них, состоящего из нижней, межледниковой или межстадиальной, аллювиальной свиты, и верхней, перигляциальной [Холмовой, 1993; Грищенко, 1976; Холмовой с соавт., 2007]. Однако в верхнем течении долина Дона врезана слабо, и на изучаемом участке имеется лишь одна надпойменная терраса (НПТ) и 3 уровня поймы. Долина Дона в

районе г. Епифань имеет ширину около 2–2,5 км, нечеткие бровки и пологие склоны, а превышение бровок долины над днищем составляет всего около 10–15 м.

Методы исследования. Геологическое строение поймы Дона изучалось путем механического бурения (буровая установка УПБ-25). Для детализации морфологии поймы проведены топографо-геодезические работы – съемка профилей с субдециметровой точностью с помощью двухчастотных приемников GPS Leica Geosystems серии 1200 и съемка территории с беспилотного летательного аппарата (квадрокоптер DJI Phantom 4). По образцам органики было выполнено радиоуглеродное радиометрическое (^{14}C) и масс-спектрометрическое (^{14}C AMS) датирование. Первое выполнялось в Лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (Москва) (5 образцов), второе – в Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН (Москва) (6 образцов). Радиоуглеродные даты были калиброваны (приведены к астрономической шкале времени) с помощью онлайн версии программы OxCal 4.3 [Bronk Ramsey, 2009] на основе калибровочной кривой IntCal 13 [Reimer et al., 2013]. По минеральным образцам, содержащим песчаные фракции, проведено оптико-люминесцентное (OSL) датирование. Анализ выполнялся в Институте физики Силезского университета (Гливице, Польша) (3 образца). Для диагностики коренных глинистых пород, которые в ряде случаев было трудно отличить от аллювиальных суглинков, по ряду проблемных образцов был выполнен спорово-пыльцевой анализ (докт. геогр. н. О.К. Борисовой, ИГ РАН) (3 образца).

Результаты исследования.

Морфология долины Дона в районе г. Епифань. Надпойменные террасы на исследуемом участке долины Дона практически не выражены (рис. 2). В ходе исследований был выделен лишь один небольшой фрагмент первой (или «промежуточной») НПТ на правом берегу реки в ~1,2 км к ЮЮВ от д. Мельгуново. Ширина этого фрагмента колеблется от 50 до 100 м, длина достигает 200–250 м, высота над урезом реки составляет около 5,5 м, что лишь на 1–2 м превышает отметки высокой поймы. Поверхность террасы ровная, слабо наклонена в сторону русла.

Высокая пойма выражена по обоим берегам реки и занимает большие площади в пределах долины на рассматриваемом участке. Высокая пойма имеет высоту около 4–4,5 м. Рельеф поверхности слабоволнистый, осложнен крупными палеоруслами (макроизлучинами). Параметры макроизлучин следующие: ширина от 40–50 до 60–70 м, глубина около 1–2 м, длина сохранившихся фрагментов колеблется от сотен метров до 1–1,8 км.

Средняя пойма представлена фрагментарно в виде небольших сегментов и имеет высоту около 2 м над урезом. Низкая пойма занимает небольшие полосы вдоль русла шириной от первых метров до

десятков метров и имеет высоту менее 1 м. Современное русло Дона извилистое, ширина составляет в среднем 18–20 м.

Геологическое строение дна долины Дона в районе г. Епифань. Строение первой надпойменной террасы на рассматриваемом участке было изучено в скважине 15 226 (рис. 3). Верхние 3,8 м представлены суглинками средними с прослоями песка (пойменной фацией аллювия), в нижних 0,8 м суглинки тяжелые до глины. С глубины 3,8 м до 11 м – переслаивание песков разной крупности, иногда оглиненных, иногда со включениями крупнообломочного материала (преимущественно гравия) (русовая фация аллювия). С 11 м – глина темно-серая, однородная, со включениями углей и растительных остатков (коренные породы).

О строении высокой поймы можно судить по скважинам 15 227, 15 228, 15 230 (рис. 3). Верхние 4–5 м представлены преимущественно средними суглинками, часто с опесчаненными прослоями, иногда супесями (пойменной фацией аллювия). Ниже суглинков – переслаивание песков разной крупности, иногда оглиненных, иногда со включениями крупнообломочного материала (преимущественно гравия) (русовая фация аллювия). В скв. 15 227 подножье этой пачки не вскрыто, в скв. 15 228 оно находится на глубине около 19 м; в скв. 15 230 пески заканчиваются на глубине около 7 м, ниже до глубины 8,8 м вскрыт суглинок с дрсвой известняка. Ниже в обеих скважинах залегают белые карбонатные глины с обломками известняка (коренные породы).

Строение заполнений макроизлучин изучено в скважинах 15 229, 15 231, 15 232, 15 233, 15 234 (рис. 3, 4). Верхние 3–5 м заполнений сложены суглинками тяжелыми, в верхних частях сильно оторфованными (старичной фацией аллювия), иногда с поверхности перекрытыми торфом. Ниже в скважинах переслаиваются слои песков разной крупности, иногда оглиненные или с прослоями суглинков, иногда со включениями крупнообломочного материала (преимущественно гравия) (русовая фация аллювия). Мощности песчаных толщ в разных скважинах значительно колеблется: в скв. 15 229, 15 232, 15 233 – пески залегают на глубинах от 3–5 до 13–17 м от поверхности, в скв. 15 231, 15 234 – от 3–4,5 до 6–6,5 м. Во всех случаях песчаные толщи подстилаются коренными отложениями, представленными глинами или элювием известняка.

Геохронология аллювия долины Дона в районе г. Епифань. Для реконструкции хронологии развития речной долины и выделения этапов врезания и аккумуляции Дона в позднем плейстоцене методами радиоуглеродного и оптико-люминесцентного датирования был установлен возраст различных аллювиальных толщ. Из руслового аллювия I НПТ (скв. 15 226, рис. 3) с глубины 4,1–4,5 м была получена OSL дата $33\,800 \pm 1800$ л. н. Возраст подстилающих аллювий высокой поймы аллювиальных суглинков в скв. 15 230 (рис. 3) на глубине 5,3–5,4 м, по данным AMS по общей органике, составляет $32\,970 \pm 210$ л. н. (здесь и далее все радиоуглерод-

ные даты калиброванные). Аллювий русловой фации в скв. 15 229 (рис. 3) на глубине 5,0–5,4 м имеет возраст $38\,600 \pm 2400$ л. н. (по данным OSL).

Возраст аллювия в пределах макроизлучин установлен в пяти скважинах. Скважина 15 233 (рис. 2, 3) пробурена в палеорусле у подножья правого коренного эрозионного склона. Возраст заполнения макроизлучины в основании старичной фации аллювия на глубине 4,7–4,8 м составляет $20\,370 \pm 90$ л. н. (AMS-датирование по общему углероду). Самые верхние части заполнения макроизлучины оторфованы, возраст подошвы торфа по ^{14}C составляет 3250 ± 50 л. н. (глубина отбора 0,55–0,6 м).

Строение еще одного палеорусла изучено в скв. 15 229 (рис. 3). Аллювий в верхних частях заполнения макроизлучины по данным ^{14}C имеет возраст 4180 ± 120 л. н. (подошва старичных глин, по общему углероду) и 2780 ± 30 л. н. (подошва торфа) на глубинах 2,4–2,6 м и 1,4–1,5 м соответственно. Ясно, что эти осадки не датируют саму макроизлучину, которая должна быть древнее, а лишь отражают одну из последующих стадий ее заиления.

В скв. 15 231 (рис. 4) из подошвы руслового аллювия на глубине 5,5–6,0 м непосредственно над коренными породами (элювием известняка) получена явно удревненная OSL дата $98\,000 \pm 5700$ л. н. Выше заполнения макроизлучины, представленное старичной фацией аллювия, на глубине 4,6–4,65 м (подошва старичных глин) имеет возраст $19\,180 \pm 90$ л. н. (AMS), а в верхних частях (на глубине 1,3–1,4 м у кровли старичных глин, перекрытых торфом) – 9940 ± 3160 л. н. (C14) (обе даты получены по общей органике).

Следующее палеорусло, изученное в скв. 15 232 (рис. 4), в своем строении также имеет русловой и старичный аллювий. Возраст руслового аллювия на глубине 6,6–6,8 м составляет $18\,210 \pm 90$ л. н. (AMS по растительным макроостаткам). Возраст старичной фации в средней части заполнения (на глубине 3,3–3,6 м) составляет $11\,530 \pm 160$ л. н. (AMS по общей органике).

Еще одно палеорусло, строение которого изучено в скв. 15 234 (рис. 3), располагается на левобережной высокой пойме Дона. Русловой аллювий из скважины имеет возраст $14\,910 \pm 120$ л. н. (глубина отбора 4,3–4,8 м) и $13\,050 \pm 30$ л. н. (глубина 4,4–4,5 м) по данным AMS на основе анализа общей органики и растительных макроостатков соответственно.

Для диагностики возраста нескольких проблемных образцов был выполнен спорово-пыльцевой анализ для установления их относительного возраста. Так, слой суглинков на глубине 8,1–8,5 м между двумя толщами песков в скв. 15 233 имеет спорово-пыльцевой спектр, соответствующий палеозойскому времени. Глины из основания скв. 15 229 (глубина отбора 13–13,4 м) также имеют палеозойский спектр. Возраст глин из основания скв. 15 234 (глубина 6,4–6,8 м) – поздний мел или ранний кайнозой.

Обсуждение результатов.

Анализ полученных данных позволил реконструировать основные этапы развития долины Верх-

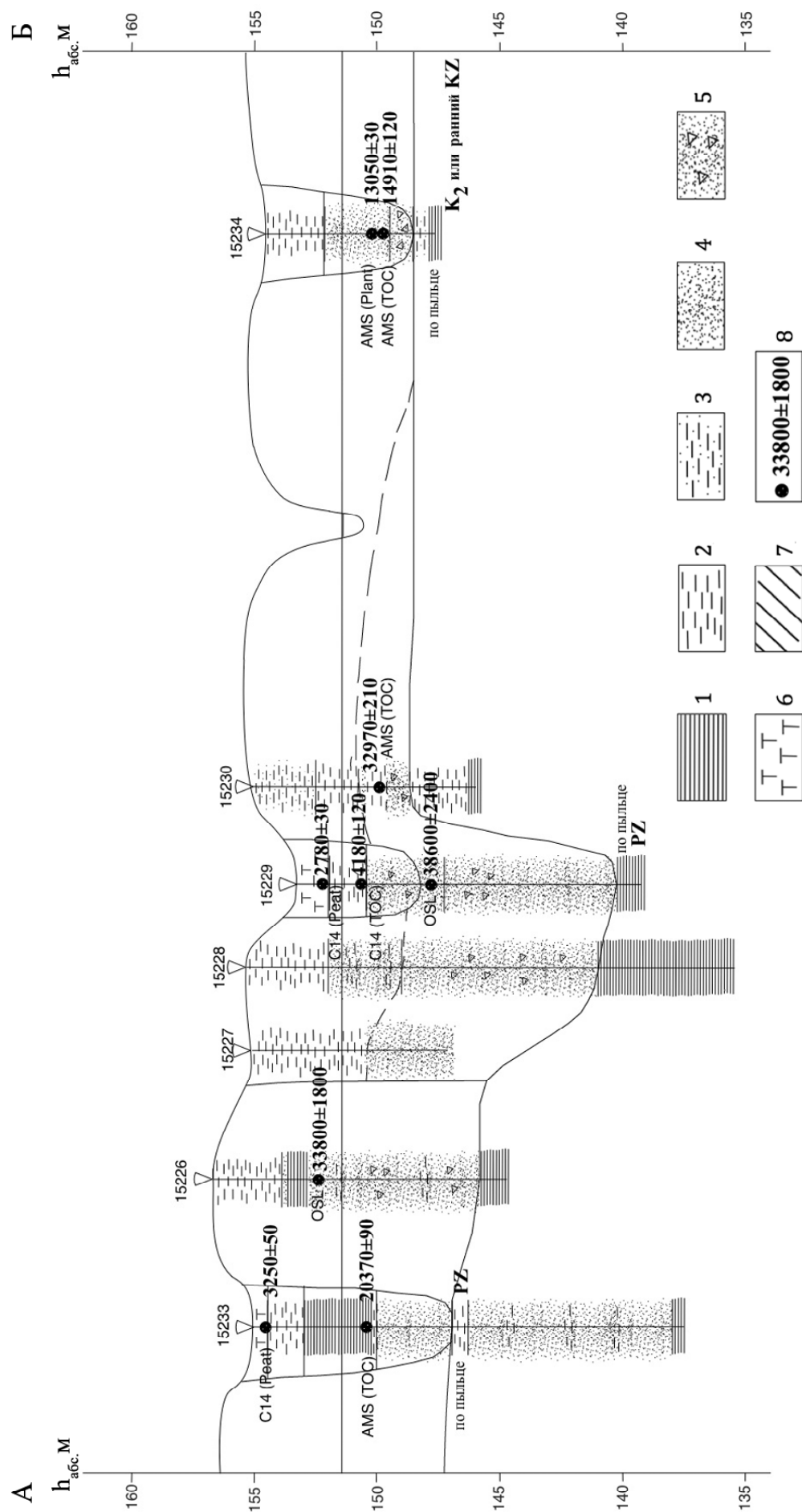


Рис. 3. Поперечный профиль через долину р. Дон в районе г. Епифань по линии АВ. Условные обозначения: литологические: 1 – глина, 2 – суглинок, 3 – супесь, 4 – песок, 5 – песок с гравием, 6 – торф, 7 – элювий известняка; прочие: 8 – места отбора образцов на радиоуглеродный (C14 или AMS) и люминесцентный (OSL) анализ и возраст отложений (кал. л. н.); в скобках приведены сведения о материале, отобранном для радиоуглеродного датирования: Plant – растительные макроостатки, Peat – торф, TOC – общий углерод (total organic carbon); AMS (Plant) – анализ и возраст отложений (кал. л. н.); AMS (TOC) – общий углерод (total organic carbon); OSL – оптически стимулированный люминесцентный анализ; C14 (TOC) – общий углерод (total organic carbon); C14 (Peat) – торф; AMS (TOC) – общий углерод (total organic carbon).

Fig. 3. Cross-section of the Don River valley near Epifan town on the line AB. Legend: lithological: 1 – clay, 2 – loam, 3 – sandy loam, 4 – sand, 5 – sand with gravel, 6 – peat, 7 – limestone eluvium; other: 8 – sites of sampling for radiocarbon (C14 or AMS) and luminescent (OSL) analysis and age of deposits (cal. BP); material for radiocarbon dating indicated in brackets: Plant – plant macro-residues, Peat – peat, TOC – total organic carbon

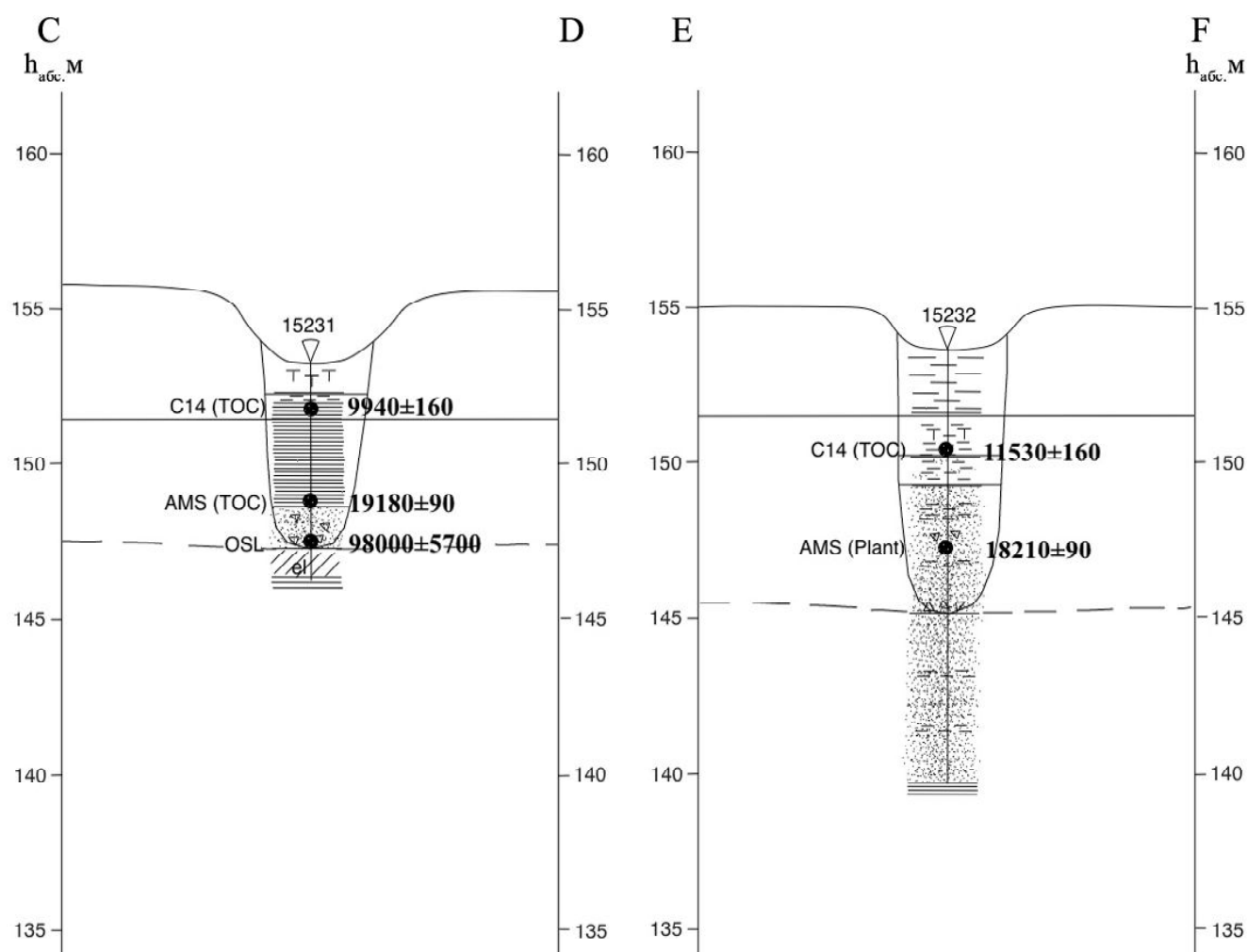


Рис. 4. Поперечные профили через палеорусла р. Дон в районе г. Епифань по линиям CD и EF. Условные обозначения: см. рис. 3

Fig. 4. Cross-sections of the Don River valley near Epifan town on lines CD and EF. Legend: see fig. 3

него Дона в позднем плейстоцене, выявить эпохи повышенной водности и соответствующие им этапы врезания и функционирования макроизлучин и разделяющие их этапы пониженной водности и аккумуляции в долине.

Датировки 33–35 тыс. л. н. (33 800±1800, 38 600±2400 и 32 970±210 лет. н. в скв. 15 226, 15 229, 15 230 соответственно; рис. 3), с учетом возможной неопределенности, особенно для OSL метода, можно считать близкими, относящимися к периоду около 30–35 тыс. л. н. Они представлены в скважинах, пробуренных как в пределах первой НПТ (скв. 15 226), так и высокой поймы (скв. 15 229, 15 230), что свидетельствует о врезании реки в указанный промежуток времени. Русловая фация аллювия, верхи которой удалось продатировать, опускается на 10–11 м ниже уреза воды, то есть река врезалась на 7–8 м глубже современного уровня (относительно подошвы современного руслового аллювия). Из всего массива продатированных образцов сильно выбивается дата OSL 98 000±5700 примерно на тех же гипсометрических уровнях, что и даты 33–35 тыс. л. (скв. 15 231, рис. 4). Эта дата трактуется как удревненная вследствие неполной засветки кварца – нередкая проблема при OSL датировании.

Следующая группа дат 18–20 тыс. л. н. (18 210±90, 19 180±90 и 20 370±90 л. н. в скв. 15 232, 15 231, 15 233 соответственно; рис. 3, 4) отвечает времени функционирования макроизлучин. Среди этой группы датировок наиболее надежной является дата 18 210±90 л. н. по растительным макроостаткам. Две другие даты по общей органике дают несколько менее точные данные и могут быть несколько удревненными. В связи с этим первый этап функционирования макроизлучин стоит отнести ко времени 17–19 тыс. л. н., что хорошо соотносится и с предшествующими исследованиями в других долинах рек региона [Panin, Matlakhova, 2013]. Формирование макроизлучин происходило в областях распространения многолетней мерзлоты в перигляциальной зоне последнего оледенения и было обусловлено экстремально большими (по сравнению с современными) значениями стока во время половодий.

Еще одна группа дат из заполнений макроизлучин отражает второй этап их развития 13–15 тыс. л. н. Наиболее четко маркирующими этот этап являются две даты из русловой фации аллювия в скв. 15 234 – 13 050±30 и 14 910±120 л. н. (рис. 3). Две другие близкие даты – 11 530±160 и 9940±3160 л. н. из верхних частей заполнения макро-

излучин (в скв. 15 232 и 15 231, рис. 4) соответствуют времени отмирания и заиления палеорусел.

Из вышесказанного следует, что развитие больших палеорусел происходило в позднеледниковье (в конце MIS 2) и, по всей видимости, разделялось на два основных этапа – 17–19 и 13–15 тыс. л. н.

Голоценовые даты 2,5–4 тыс. л.н. в самых верхних частях заполнений макроизлучин (скв. 15 233 и 15 229, рис. 3) по торфам и оторфованным суглинкам отражают заиление макроизлучин в голоцене.

Палеозойские и мезо-кайнозойские спорово-пыльцевые спектры в основании скважин 15 229 и 15 234 подтверждают то, что вскрытые в основании многих скважин глины являются коренными (морскими) отложениями. Слой суглинков в скв. 15 233 на глубинах 8,1–8,5 м, имеющий палеозойский спектр, также находится в кровле коренных пород. Этот слой подстилается песками с прослоями суглинков, также являющимися морскими.

История развития долины Верхнего Дона. На основе полученных результатов была восстановлена история развития долины Верхнего Дона в районе г. Елифань за последние 35 тыс. лет.

Около 30–35 тыс. лет назад происходило врезание реки глубже современного уровня, о чем свидетельствуют близкие по значениям датировки аллювия как на высоких (в составе первой НПТ), так и на низких гипсометрических уровнях (на несколько метров ниже современного уреза). Так как изучаемая территория является стабильной в тектоническом отношении, врезание реки было связано с климатическими изменениями и сопутствовавшим им ростом водности реки.

Далее во время последнего ледникового максимума (LGM) на фоне повсеместного иссушения климата в регионе водность реки упала, врезание сменилось аккумуляцией.

После LGM произошло значительное повышение водности, приведшее к формированию макроизлучин, разработавших широкое днище долины. Более древняя генерация макроизлучин относится к 17–19 тыс. л. н. Около 15–16 тыс. л. н., по-види-

мому, наблюдалось временное понижение водности. Формирование более молодой генерации макроизлучин, обусловленное высокой водностью, происходило около 13–15 тыс. л. н.

С наличием двух этапов развития макроизлучин связано образование двух разновозрастных генераций доголоценовой высокой поймы. На рассматриваемом участке долины более древняя генерация развита преимущественно по правому берегу и имеет возраст 17–19 тыс. л. Более молодая (13–15 тыс. л.) генерация связана со вторым этапом развития макроизлучин и наблюдается преимущественно на левом берегу Дона.

В голоцене произошло снижение водности реки и значительное сужение пояса меандрирования. Наиболее крупные меандры современной реки, скорее всего, являются унаследованными от эпох повышенной водности. В конце голоцена русловые переформирования были минимальны. В настоящее время река на изучаемом участке обладает низкой водностью, в межень течение практически отсутствует, берега задернованы, следы современных русловых переформирований отсутствуют. Голоценовая история развития реки нуждается в детализации и уточнении с привлечением данных по археологии региона и является предметом дальнейших исследований.

Выводы:

– для конца позднего плейстоцена было характерно значительное изменение водности реки, приводившее к чередованию этапов повышенной и пониженной водности;

– для позднеледниковья были характерны высокие значения стока, что приводило к формированию больших палеорусел (макроизлучин);

– развитие макроизлучин происходило в позднеледниковье (в конце MIS 2) в два этапа: 17–19 и 13–15 тыс. л. н. С этими двумя этапами связано формирование двух возрастных генераций макроизлучин и соответствующих им генераций высокой поймы;

– для голоцена было характерно понижение водности и сужение пояса меандрирования реки.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-35-00028). Спорово-пыльцевой анализ выполнен О.К. Борисовой в рамках темы госзадания ИГ РАН № 0148-2019-0005.

Авторы выражают благодарность доценту ГОУ ДПО ТО «ИПК и ППРО ТО» Е.А. Горской и руководителю научно-исследовательского отдела природоведческих дисциплин государственного музея-заповедника «Куликово поле», канд. геогр. н. О.В. Буровой за помощь в организации полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- База данных государственных геологических карт ВСЕГЕИ (дата обращения 10.09.2018) <http://webmapget.vsegei.ru/index.html>
Геология СССР. Т. IV. Центр Европейской части СССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1971. 742 с.
Грищенко М.Н. Плейстоцен и голоцен бассейна Верхнего Дона. М., Наука, 1976. 227 с.

- Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Власов М.В. Мощный позднеледниковый речной сток в бассейне Дона // Известия РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 118–129.
Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Макроизлучины русел рек ЕТС и проблемы палеогидрологических реконструкций // Водные ресурсы. 1992. № 4. С. 93–96.

Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Чернов А.В., Борисова О.К., Ковалюх Н.Н. Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в поздневалдайское время и в голоцене (по данным палеоруслового анализа) // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 196–230.

Холмовой Г.В. Неоген-четвертичный аллювий и полезные ископаемые бассейна Верхнего Дона. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1993. 99 с.

Холмовой Г.В., Лаврушин Ю.А., Шнур В.Г. Эрозия и аллювиальный процесс в новейшей геологической истории на примере бассейна Дона // Вестн. Воронежского университета. Сер. Геология. 2007. № 2. С. 37–49.

Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. V. 51(1). P. 337–360.

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.

Panin A.V., Sidorchuk A. Ju., Chernov A.V. Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain // Floodplains: Interdisciplinary Approaches. Geological Society, London, Special Publications 1999. № 163. P. 217–229.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50 000 years cal BP // Radiocarbon. 2013. V. 55(4). P. 1869–1887.

Sidorchuk A., Panin A., Borisova O. The Lateglacial and Holocene Palaeohydrology of Northern Eurasia // Palaeohydrology: Understanding Global Change. John Wiley & Sons, Ltd. P. 61–75.

Поступила в редакцию 05.12.2018

После доработки 21.01.2019

Принята к публикации 21.02.2019

**E.Yu. Matlakhova¹, A.V. Panin²,
V.R. Belyaev³, O.K. Borisova⁴**

THE UPPER DON RIVER VALLEY EVOLUTION IN THE END OF THE LATE PLEISTOCENE

The relicts of large palaeochannels (macromeanders) are widespread on the floodplains in river valleys of the Don River basin. These macromeanders indicate river runoff several times above the modern one. Such macromeanders were found in the Upper Don River valley. To reconstruct the Late Pleistocene evolution of river valleys the study near Epifan town was organized. It included mechanical coring and radiocarbon and OSL dating of alluvium. Basing on the data we reconstructed the main stages of the Don River valley evolution in the end of the Late Pleistocene and identified the epochs of high runoff and macromeanders formation and the intermediate epochs of low runoff and accumulation in the valley. The river incision below the present-day level due to climate changes and higher river runoff dated back to about 30–35 ka BP. During the LGM time (20–23 ka BP) the river runoff decreased as a result of climate aridization and the incision gave way to accumulation in the river valley. After the LGM the high runoff epoch started, dating about 13–19 ka BP. During that time large meandering palaeochannels (macromeanders) formed a wide valley bottom. Two periods of their development, about 17–19 ka BP and 13–15 ka BP, were separated by a low runoff period (~16–15 ka BP). During the Holocene the river runoff was lower than in the Late Pleistocene.

Key words: Late Glacial, large paleochannels, macromeanders, the history of river valley evolution, fluvial geomorphology, Pleistocene paleogeography

Acknowledgements. The study is financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-35-00028). Spore-pollen analysis was made by O.K. Borisova under the state-guaranteed theme 0148-2019-0005 of the RAS Institute of Geography.

The authors are grateful to E.A. Gorskaya, Associate Professor of the Tula Institute of Professional Retraining and Advanced Training of Teachers, and O.V. Burova, PhD. in Geography, Head of the Department of natural history studies, Kulikovo Pole State Museum and Natural Reserve, for their assistance in the organization of field work.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Senior Research Scientist, PhD. in Geography; *e-mail*: matlakhova_k@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; Institute of Geography, RAS, Laboratory of Evolutionary Geography, head of the laboratory; *e-mail*: a.v.panin@yandex.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Leading Research Scientist, PhD. in Geography; Department of Geomorphology and Palaeogeography, Senior Research Scientist; *e-mail*: vladimir.r.belyaev@gmail.com

⁴ Institute of Geography, RAS, Laboratory of Evolutionary Geography, Chief Research Scientist D.Sc. in Geography; *e-mail*: olgakborisova@gmail.com

REFERENCES

- Baza dannyh gosudarstvennyh geologicheskikh kart VSEGEI. [Database of State geological maps of VSEGEI]. <http://webmapget.vsegei.ru/index.html> (In Russian) (accessed 10.09.2018)
- Bronk Ramsey C.* Bayesian analysis of radiocarbon dates // *Radiocarbon*. 2009. V. 51(1). P. 337–360.
- Geologiya SSSR. Tom IV. Centr Evropejskoj chasti SSSR. Geologicheskoe opisanie. [Geology of USSR. V. 4. Center of the European Part of the USSR. Geological description]. M.: Nedra, 1971. 742 s. (In Russian)
- Grishchenko M.N.* Plejstocen i golocen bassejna Verhnego Dona. [Pleistocene and Holocene of the Upper Don River basin]. M.: Nauka, 1976. 227 s. (In Russian)
- Holmvoj G.V.* Neogen-chetvertichnyj allyuvij i poleznye iskopaemye bassejna verhnego Dona. [The Neogene-Quaternary alluvium and minerals of the Upper Don River]. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo universiteta, 1993. 99 s. (In Russian)
- Holmvoj G.V., Lavrushin YU.A., Shpul' V.G.* Eroziya i allyuvial'nyj process v novejshej geologicheskoy istorii na primere bassejna Dona. [Erosion and alluvial process in modern geological history (case study of the Don River basin)] // *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Ser. Geologiya*. 2007. № 2. S. 37–49. (In Russian)
- 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.
- Panin A.V., Sidorchuk A. Ju., Chernov A.V.* Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain // *Floodplains: Interdisciplinary Approaches*. Geological Society, London, Special Publications № 163. 1999. P. 217–229.
- Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Chernov A.V.* Makroizluchiny rusel rek ETS i problemy paleogidrologicheskikh rekonstrukcii. [Macromeanders of river channels in the European part of Russia and problems of paleohydrological reconstructions] // *Vodnye resursy*. 1992. № 4. S. 93–96. (In Russian)
- Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Vlasov M.V.* Moschnyj pozdnevaldaiskij rechnoj stok v bassejne Dona [High Late Glacial runoff in the Don River basin] // *Izvestiya RAN. Ser. geogr.* 2013. № 1. S. 118–129. (In Russian)
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al.* IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP // *Radiocarbon*. 2013. V. 55(4). P. 1869–1887.
- Sidorchuk A., Panin A., Borisova O.* The Lateglacial and Holocene Palaeohydrology of Northern Eurasia // *Palaeohydrology: Understanding Global Change*. John Wiley & Sons, Ltd. 2003. P. 61–75.
- Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., Chernov A.V., Borisova O.K., Kovalyuh N.N.* Stok vody i morfologiya rusel rek Russkoj ravniny v pozdnevaldaiskoe vremya i v golocene (po dannym paleoruslovogo analiza) [The Late Valdai and the Holocene runoff and river channel morphology within the Russian Plain (by the data of paleochannel analysis)] // *Eroziya pochv i ruslovye processy*. M.: Izd-vo Mosk. un-ta. 2000. Vyp. 12. S. 196–230. (In Russian)

Received 05.12.2018

Revised 21.01.2019

Accepted 21.02.2019