ГЕОМОРФОЛОГИЯ, 2021, том 52, № 4, с. 79–96

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.435.1+551.332.58→551.89(470.31)

МОРФОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ МОСКВЫ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

© 2021 г. А. В. Чернов[1,*]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

**E-mail: Alexey.chernov@inbox.ru*

Поступила в редакцию 15.12.2020 г.
После доработки 27.03.2021 г.
Принята к публикации 09.04.2021 г.

В статье рассматривается морфология пойменно-руслового комплекса реки Москвы, тесно связанная с литологией пересекаемых коренных пород и морфоструктурным планом верхней и нижней частей бассейна; предлагается реконструкция истории его развития до начала интенсивного вмешательства человека в его функционирование. Выделено несколько морфологически однородных участков: в верхнем течении – Можайский с крупными макроизлучинами и Тучковский с узкой поймой и отдельными врезанными излучинами, в среднем – Звенигородско-Московский с макроизлучинами и в нижнем – Воскресенский с чередующимися литологически обусловленными сужениями и расширениями. По особенностям пойменного рельефа на разных участках долины была восстановлена позднеледниковая и голоценовая история развития реки. Радиоуглеродное датирование пойменных (старичных) отложений позволило восстановить этапы естественного развития долины реки в эти периоды: этап повышенной водности и высокого коэффициента стока в позднеледниковье, этап низкой водности раннего голоцена, этап существования пойменной многорукавности в позднем голоцене. Наиболее интенсивные русловые деформации, внесшие максимальный вклад в современные очертания русла реки, происходили в позднеледниковье, когда при высокой водности потока и прохождении его максимума в короткий интервал весеннего половодья в русле формировались макроизлучины, заметно превышавшие своими размерами современные. В голоцене, после снижения стока, темпы горизонтальных русловых деформаций также снизились; макроизлучины сохранились и сейчас полностью определяют морфологический облик долины. Обнаруженные на пойме только в нижнем течении следы микроизлучин, маркирующих особый этап в начале субатлантического периода голоцена, пока не находят своего объяснения в эволюционном ряду развития долины, поймы и русла реки Москвы.

Ключевые слова: речное русло, пойма и пойменные массивы, старицы, макро-, мезо- и микроизлучины, абсолютный возраст поймы

DOI: 10.31857/S0435428121040052

ВВЕДЕНИЕ

Речные долины несут в себе обширную палеогеографическую информацию о стоке протекавших по ним рек, а следовательно, и физико-географических условиях того периода, когда эти долины формировались. Эти знания полезны для любого региона нашей планеты в свете быстрого и разнопланового изменения климата, но наибольший интерес вызывают изменения физико-географических условий в густонаселенных регионах с высокой концентрацией городов и иных населенных пунктов, промышленных производств, агрикультурной деятельности, рекреационных объектов – именно в таких регионах изменения природных условий наиболее ощутимы и зачастую могут болезненно отражаться на условиях жизни людей и инфраструктуре их деятельности.

Таковым является Московский регион России, охватывающий Московскую область и некоторые соседние территории. Главная речная артерия региона – река Москва, на берегах которой расположены крупнейший город страны – Москва, а также шесть крупных промышленных городов, более десятка городов районного подчинения, большое количество коттеджных поселков и рекреационных объектов; сельскохозяйственные угодья занимают значительные площади в бассейне реки, особенно в ее нижнем течении. Многие реки бассейна зарегулированы, в черте города открывается канал Москва–Волга, по которому в реку поступает не менее 1/3 от ее общего стока.

Позднечетвертичная история центра Русской равнины, где расположен Московский регион, исследована с геологической и физико-географической стороны очень хорошо – этому вопросу посвящены работы А.Ю. Сидорчука, А.В. Панина и многих других исследователей [1–8 и др.]. К палеогеографическим исследованиям Московского региона можно отнести и реконструкции позднеледниковой и голоценовой истории долин рек соседних с Москвой бассейнов – они выполнялись в бассейне среднего и верхнего Днепра [9–13].

Вместе с тем история развития долины самой реки Москвы в голоцене почти совсем не изучена – из последних работ можно назвать исследование И.Н. Каргаполовой и А.С. Завадского [14] и сводку по истории изучения и освоения реки за последние 300 лет Н.А. Озеровой [15]. Настоящая статья призвана восполнить этот пробел и на основании новых данных по анализу рельефа поймы реки Москвы, ее отложений, абсолютного и относительного возраста различных массивов москворецкой поймы воссоздать этапы развития долины реки в позднеледниковье и голоцене.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее достоверными являются сведения, полученные при изучении рельефа, строения речных пойм и низких надпойменных террас. Общеизвестно положение о том, что пойма образуется в процессе горизонтальных русловых деформаций, и в ее первичном рельефе содержатся следы того русла, которое ее сформировало – русла с определенной водностью потока, протекавшего по нему, гидрологического режима, условий прохождения руслоформирующих расходов воды. Гидрологические характеристики, в свою очередь, определяются климатическими условиями, в которых протекала река. Речные террасы – бывшие поймы, поэтому на них, особенно молодых и низких, сохраняется первичный пойменный рельеф, указывающий на условия того времени, когда эти террасы были поймами.

Определение природных условий прошлого по рельефу и строению поймы и низких надпойменных террас достигается с помощью палеоруслового анализа – основного метода палеорусловедения, находящегося на стыке геоморфологии, гидрологии и палеогеографии. Палеорусловой анализ включает в себя выделение на пойме разновозрастных пойменных поверхностей – генераций, отражающих положение русла на разных этапах его развития в течение голоцена [16]. Такое выделение производится по взаимному расположению элементов первичного пойменного рельефа (пойменных грив, ложбин, стариц) в общем рисунке рельефа поймы. Основным при этом служит принцип “рельеф более молодой генерации сечет рельеф более древней генерации”. То есть более молодые гривы и старицы срезают более древние, ориентированные в совершенно другом направлении. Информация о деталях первичного пойменного рельефа содержится не только в современных космических снимках, но и в аэрофотоснимках предшествующих лет – иногда их черно-белый фототон отражает реальное положение грив и ложбин более точно, чем снимок из космоса.

Следующий этап палеоруслового анализа – восстановление по рисунку первичного рельефа того положения русла, при котором данная генерация формировалась. Восстановление проводится с помощью прочерчивания наиболее вероятных траекторий, соединяющих концы направленных в одну сторону грив и стариц, соблюдая при этом правила плавности закруглений русел и сопряженности направлений грив и стариц на выше- и нижерасположенных одновозрастных сегментах. Такие восстановления делаются по каждой из выделенных на пойме генераций. Очевидно, что современная генерация – молодая и низкая пойма, будет соответствовать современному руслу.

Анализ параметров полученных положений русла рек в те или иные периоды формирования поймы и долины в целом позволяет получить информацию о водности и гидрологическом режиме реки во время формирования той или иной генерации. Существует целый арсенал зависимостей между параметрами русла и его гидрологическими характеристиками. Самая простая из них – $r = f(\sqrt{Q}/I)$, где r – радиус кривизны излучины, Q – расход воды, I – уклон реки – принадлежит Н.И. Маккавееву [17]. Другие зависимости не используют такой параметр, как радиус кривизны излучины, так как, во-первых, он трудно определяется на любой излучине, во-вторых, на разных стадиях своего развития кривизна излучин изменяется от очень небольшой через оптимальную, которая и соответствует водности, до предельной на заключительных стадиях. Поэтому в качестве функции иногда применяются шаг излучины, отношение стрелы прогиба излучины к ее шагу и др. Но во всех случаях берутся медианные значения большого количества измеренных параметров излучин. Следует отметить, что наиболее полную информацию об истории развития долины с помощью метода палеорусловедения можно получить только при наличии у изучаемого объекта широкой поймы, т.е. в широкопойменной долине [18].

Для получения более достоверных данных об условиях формирования реки в прошлом палеорусловой анализ дополняется сопряженными методами, важнейшими из которых являются методы абсолютной геохронологии, а также палеоландшафтные методы, включающие пойменную

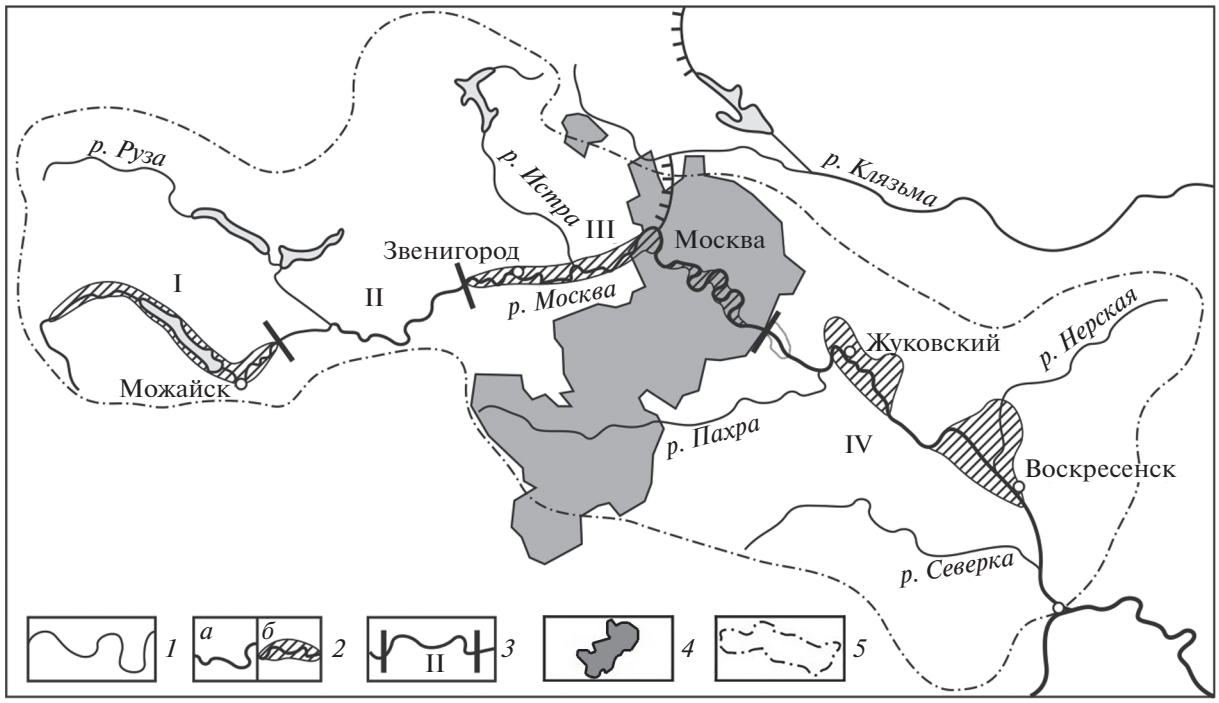

Рис. 1. Долина р. Москвы и ее характерные особенности на разных морфологических участках.
1 – реки; *2* – долина р. Москвы (*а* – узкопойменная в сужениях, *б* – широкопойменная в расширениях); *3* – границы морфологически однородных участков и их номера; *4* – г. Москва; *5* – бассейн р. Москвы.

сукцессию, палеокарпологический, палинологический и другие методы палеогеографии, исследующие отложения поймы и низких террас. Данные о пойменных и террасовых отложениях получены способом бурения и при описании слоев аллювия, вскрытых водным потоком в размываемых пойменных ярах. Информация о параметрах стариц и иных следов древнего русла на пойме реки, а также абсолютные датировки возраста их образования приведены в сводной табл. 1. Калибровка радиоуглеродных дат проводилась в программе OxCal 4.4 [19] на основе калибровочной кривой IntCal20 [20].

Палеорусловые реконструкции широко применяются при палеогеографических исследованиях – они позволяют выполнить оценки расходов воды и годового стока рек [3, 4, 21–23], что очень важно для оценки водного баланса при изучении истории изменения уровней палеоводоемов, таких как Черное и Каспийское моря [4, 23, 24]. Однако для реки Москвы такие реконструкции до сих пор не проводились.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Долина реки Москвы, несмотря на относительно небольшую длину, отличается разнообразием своего рельефа – различной шириной, типом русла, наличием или отсутствием поймы. Это объясняется ее расположением в пограничных зонах сразу трех геоморфологических провинций: Смоленско-Московской моренной возвышенности, Москворецко-Окской эрозионной равнины и Мещерской низменности [25]. Тем не менее на всем протяжении долины можно выделить достаточное количество широкопойменных участков, в которых возможно провести палеогеоморфологический анализ поймы реки, выделяя различные особенности ее рельефа и строения и определяя время проявления этих особенностей.

В своем верхнем течении река пересекает краевые области московского оледенения – холмистую равнину, сложенную трудноразмываемой мореной или более мягкими озерными суглинками, подстилаемыми известняками среднего карбона [26, 27]. Равнина отличается пересеченным рельефом (перепад высот до 40 м), довольно ровными водоразделами и крутыми склонами речных долин. В среднем течении, ниже г. Звенигорода, известняковые горизонты погружаются под относительно податливые юрские глины и московскую морену, что отражается в морфологии долины и истории ее развития (рис. 1).

Особняком стоит нижний участок долины р. Москвы. Здесь она меняет направление с восточного на юго-восточное и оказывается в пограничной зоне между двумя морфоструктурами – Москворецко-Окской равниной и Мещерской

Таблица 1. Радиоуглеродные даты по аллювию в палеоруслах-староречьях р. Москвы

Номера скважин и точек (стариц), где они сделаны	Местоположение скважины (см. рис. 2)	Параметры старицы, м		Номер скважины (год–порядковый номер)	Глубина залегания образца, м	Материал[1]	Абсолютный возраст (дата)[2]		Индекс[4]
		радиус кривизны	шаг				^{14}C, BP	калиброванная[3], cal BP	
Старицы верхнего течения, сосредоточенные на Можайском участке (№ 1)									
1	Тыловая часть поймы в 600 м к СВ от д. Заречная Слобода	0.36	0.66	19–17	5.2–5.4	ООУ	18600 ± 60	22505 ± 100	7856
2	Северная окраина д. Ильинская Слобода	0.067	0.13	19–23	2.3–2.4	РО	3475 ± 20	3755 ± 45	7858
3	430 м к СВ от д. Исавицы	0.082	0.17	19–26	2.8–2.9	РО	1615 ± 20	1475 ± 40	7861
4	Восточный край д. Ильинская Слобода	0.085	0.15	19–25	4.3-4.5	РО	2190 ± 20	2225 ± 60	7860
5	Западные ворота д/о “Янтарь”	0.100	0.20	19–30	3.9–4.1	РО	1630 ± 20	1490 ± 45	7862
Старицы среднего течения (Звенигородский участок (№ 3) выше г. Москвы)									
6	Выпуклый берег напротив д. Ягунино	0.46	0.89	19–03	0.8–1.0	РО	1.022 ± 0.024[2]	1955–1956 гг. [2] (68.3%)	7851
7	Выпуклый берег в 220 м южнее д. Козино	0.48	0.88	19–10	1.0–1.5	РО	50 ± 20	*130 ± 75*	7852
8	860 м к востоку от д. Аксиньино	0.85	1,92	19–12	3.4	РО	2175 ± 20	2210 ± 70	7854
9	Старица в 520 м к ЮЮВ от СНТ “Конник”	0.70	1.35	19–13	1.5	РО	3345 ± 20	3560 ± 45	7855
Нижнее течение (участок № 4): старицы нормального размера									
10	Оз. Пирово (1550 м ниже моста Заозерье)	0.25	0.44	18–01	0.65	РО	4045 ± 25	4505 ± 60	6761
11	ЮЗ окраина д. Вертячево	0.21	0.40	19–31	0.28–0.29	РО	2080 ± 20	2040 ± 35	7842
12а	Западная окраина г. Бронницы	0.20	0.43	19–34	5.3	РО	2605 ± 20	2740 ± 10	7846
12б					6.3	У	5680 ± 40	6465 ± 55	7847
13	3.5 км к ВСВ от сев. края д. Рыболово	0.34	0.64	18–13	0.50	РО	4900 ± 25	5625 ± 25	6769
14	Оз. Попова Шляпа	0.34	0.55	18–06	0.31	ООУ	7405 ± 25	8245 ± 55	6764
15	Оз. Подкова	0.36	0.44	18–08	0.31–0.32	РО	1035 ± 20	940 ± 15	6765
16	Оз. Бол. Любань	0.27	0.38	18–11	0.34	Д	2005 ± 20	1945 ± 35	6768

Таблица 1. Окончание

Номера скважин и точек (стариц), где они сделаны	Местоположение скважины (см. рис. 2)	Параметры старицы, м		Номер скважины (год–порядковый номер)	Глубина залегания образца, м	Материал[1]	Абсолютный возраст (дата)[2]		Индекс[4]
		радиус кривизны	шаг				^{14}C, BP	калиброванная[3], cal BP	
17	Москворецкий пойм. заказник	0.26	0.45	18–09	0.75–0.76	ООУ	10135 ± 30	11755 ± 80	6766
Нижнее течение: старицы-микроизлучины									
18	1.7 км к С от моста в Жуковский	0.15	0.27	18–02	0.53	Д	1340 ± 70	1240 ± 70	LU-9313
19а	Л. б. напротив сев. края д. Софьино	0.11	0.16	18–04	0.53–0.54	Д	1110 ± 70	1030 ± 85	LU-9312
19б					0.56–0.57	Д	1290 ± 100	1190 ± 100	LU-9314
20	Л. б. напротив центра д. Софьино	0.16	0.26	18–05	0.38	РО	895 ± 290	875 ± 260	6763
21	Деревни Тимонино–Кривцы	0.12	0.24	19–32	0.61	ООУ	2705 ± 25	2805 ± 30	7843
22а	600 м к СВ от д. Марчуги	0.13	0.28	19–35	0.21–0.22	Сапропель	*5875 ± 20*	*6700 ± 25*	7848
22б					0.33–0.35	РО	1120 ± 20	1015 ± 35	7849
23	Андреевское озеро	0.09	0.17	18–10а	405	РО	1670 ± 20	1565 ± 40	6767

Примечания: [1]Д – древесина, РО – растительные остатки, ООУ – общий органический углерод, У – уголь.

[2]Даты IGANams получены масс-спектрометрическим способом, даты LU – сцинтилляционным. Образец № 6 дал современную дату. Для него приведена не ^{14}C дата, а относительная активность ^{14}C, а калибровка – в календарных годах. Курсивом дана недостоверная дата (“отскок”); она получена по общей органике из сапропеля (гумусированного суглинка). Очевидно, возраст удревнен в связи с примесью более древней органики. Дата по нижележащему образцу более надежна, поскольку получена по растительным остаткам.

[3]Калибровка проводилась в программе OxCal 4.4 [19] на основе калибровочной кривой IntCal20 [20].

[4]Лабораторный номер: IGANams, если не указано иное.

низменностью. На этом участке долина последовательно пересекает выступы кровли среднекарбонового известняка, отходящие от Москворецко-Окской пластовой равнины, и участки, где кровля известняков погружается под толщу юрских глин, а на поверхности залегают рыхлые аллювиальные среднечетвертичные породы Мещерской низменности. Такая картина обусловливает четковидное строение долины – при пересечении известняковых выступов долина врезанная, практически беспойменная, а выходя в область распространения рыхлых четвертичных аллювиальных пород она расширяется, в ней образуются широкая пойма и надпойменные террасы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Литологическое разнообразие в совокупности с отмеченными особенностям структурного положения долины реки в нижнем течении обусловливают морфологическое разнообразие москворецкой долины. В ней можно выделить несколько однородных участков (см. рис. 1).

Первый (Можайский-I) относится к верхнему течению реки и простирается вплоть до д. Макарово ниже г. Можайска (рис. 2). Его длина (по оси долины) равна 55 км. Середина этого участка долины занята Можайским водохранилищем. Здесь днище длины, шириной 1.5–3.0 км занято двумя разновозрастными генерациями поймы и I надпойменной террасой (нпт), которые распределены по днищу крайне неравномерно. Большую по площади часть долины занимает высокая пойма, высота которой над меженным урезом 3–4 м. На ее уровне долина образует крупные извилины с шагом 0.5–0.6 км, в центральных частях шпор которых находятся узкие полосы I нпт, высотой 7–8 м, занятые деревнями (табл. 1, точка 1). В основном древняя пойма ровная, луговая, безо всяких следов миграции формировавшего ее русла. Низкая пойма высотой 2–3 м слагает выпуклые прирусловые части шпор больших излучин или отдельными фрагментами вдается в ее поверхность; максимальная ширина ее 300–500 м (при ширине русла 20–50 м). В рельефе низкой поймы местами встречаются старичные понижения, занятые низовыми осоковыми болотами; размеры этих стариц соответствуют современным излучинам (табл. 1, старицы 2–5). Современное русло образует пологие вынужденные излучины в пределах низкой поймы, зажатые между уступами высокой поймы.

Возраст пород, залегающих в основании тыловой части высокой поймы, около 22.5 тыс. л. (образец 1 из старицы за дер. Заречная Слобода см. табл. 1); это означает, что деформации русла реки Москвы начались в границах современного дна долины в это время, но максимальной интенсивности достигли позже – 19–13 тыс. л.н., в период позднеплейстоценового максимального стока, связанного с общим увлажнением климата, наступившим после окончания валдайского оледенения [4, 28]. Именно в позднеледниковье (в раннем дриасе) формировались крупные изгибы русла и поверхность высокой поймы в их шпорах. На размыв берегов влияли местные особенности их литологического строения, что объясняет зачастую весьма причудливую конфигурацию различных излучин [29].

О высокой, по сравнению с настоящей, водности речного потока в раннем дриасе, а также о резком преобладании его весенней половодной составляющей, проходящей по мерзлым грунтам, сохранившимся от перигляциальных условий, говорят здесь и большие размеры излучин, оконтуривающих высокую пойму, и литология вогнутых берегов, далеко не всегда песчаных и супесчаных. Тем самым большие излучины верхнего течения реки Москвы можно представить как макроизлучины [30, 31].

Позднеледниковье, скорее всего, было последней эпохой, когда в верховьях р. Москвы происходили интенсивные русловые деформации; в последующем, в раннем голоцене, несмотря на сохранение гумидных в целом условий климата, мощность потока снизилась, что отразилось в ослаблении блуждания реки – ее русло стало меандрировать только в пределах созданных в позднем плейстоцене больших излучин надпойменной террасы, так что голоценовый, а затем и современный пояс меандрирования оказались зажатыми в террасовых и коренных берегах долины [32]. Более того не исключено, что в этот же период на р. Москве происходила аккумуляция наносов, выровнившая поверхность высокой древней поймы [33].

Возраст современной поймы отвечает позднему голоцену от 3.7 тыс. лет до 1.5 тыс. лет (образцы № 2–5 в табл. 1). Подобный диапазон возрастов сходных по размерам стариц говорит о постоянстве условий руслоформирования, по крайней мере, во второй половине голоцена.

Второй участок долины реки Москвы (Тучковский II), также относящийся к верхнему течению, простирается от д. Макарово до д. Рыбушкино, что в 13 км выше г. Звенигорода (рис. 3). Его длина 68 км. На этом участке долина узкопойменная или вообще беспойменная; в первой половине участка (до устья р. Рузы) она почти прямая с одиночными извилинами (петлями). Долина выработана в трудноразмываемых известняках, ее борта – высокие цокольные террасы, к руслу также близко подходят плакоры. Ширина русла возрастает с 50 до 70 м. Ниже устья Рузы долина образует крупные врезанные петли, шпоры которых представлены высокими 30-метровыми террасами, а ближе к руслу – фрагментами I нпт высотой

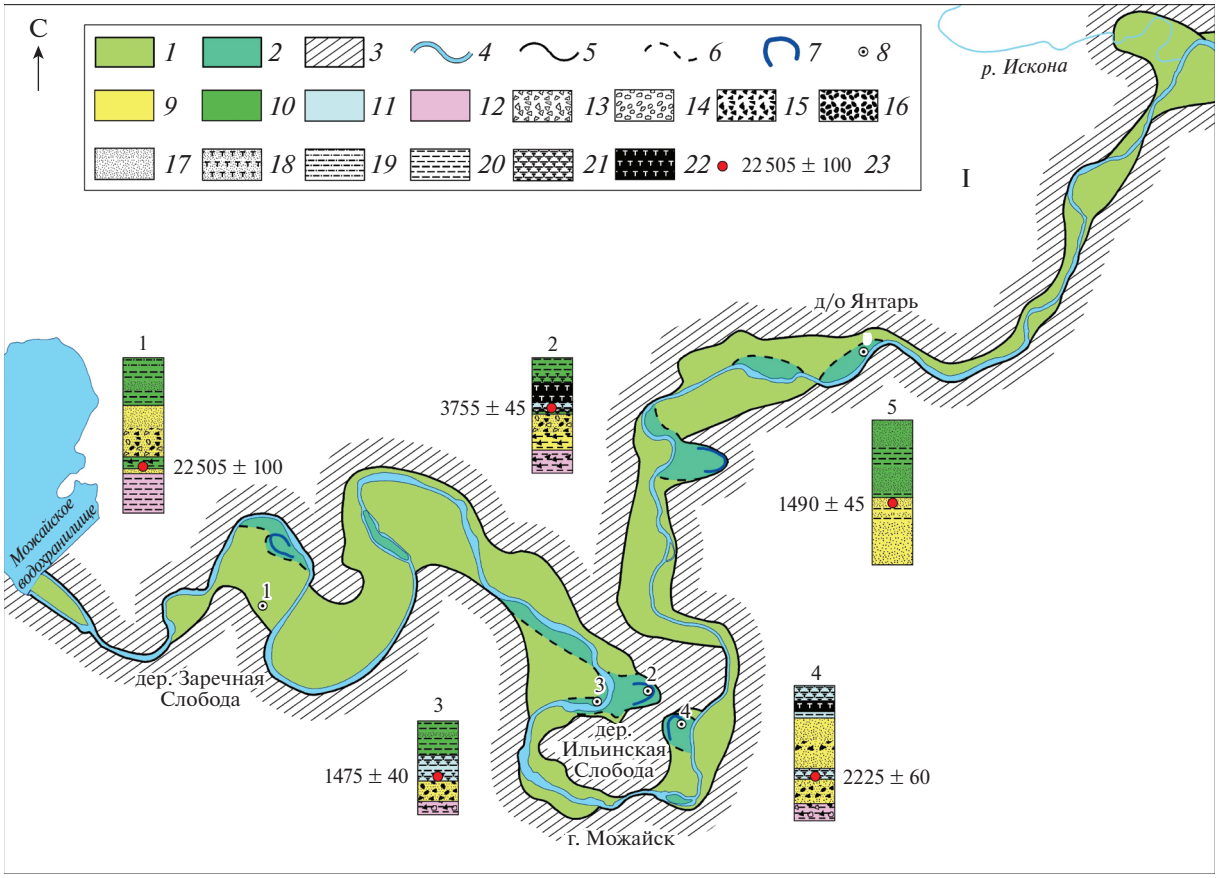

Рис. 2. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы на верхнем (Можайском) участке (I). *Долина и русло реки (плановое изображение). Пойма*: *1* – высокая древняя, *2* – низкая молодая; *3* – внешняя граница пойменно-руслового комплекса (долина врезана в известняки мячковского яруса среднего карбона); *4* – русло реки; *5* – внешняя граница пойменно-руслового комплекса; *6* – граница высокой и низкой поймы; *7* – пойменные гривы и старицы; *8* – скважины, их номера в таблице. *Отложения в скважинах. Фации аллювия: 9* – русловая, *10* – пойменная, *11* – старичная; *12* – подстилающие породы; *13* – щебень; *14* – галька; *15* – дресва; *16* – гравий; *17* – песок; *18* – песок оторфованный или с включениями торфа; *19* – супесь; *20* – суглинок; *21* – суглинок оторфованный или с включениями торфа; *22* – торф; *23* – ^{14}С возраст, кал. лет.

7–9 м, ровной, покрытой луговой растительностью. Пойма – ровные наклоненные к руслу поверхности с отсутствием элементов первичного рельефа (грив, ложбин, гряд) – встречается отдельными узкими фрагментами в шпорах петель (излучин). Изредка в русле находятся одиночные пойменные острова.

Этот отрезок долины всецело обязан своим происхождением морфоструктурным особенностям территории – большая часть изгибов русла обусловлена трещиноватостью подстилающих коренных пород – известняков карбонового возраста в зонах разрывных нарушений; некоторые изгибы образовались в своем современном виде как результат моделировки русловыми процессами вершин этих изгибов – на закруглениях мощность потока становится больше, чем на других участках русла, и он размывает или разрушает вогнутые берега. Эти участки берега отступают, а крылья изгибов вытягиваются. В результате внешне такие изгибы – петли долины – приобретают вид врезанных пальцевидных излучин, хотя гидравлически излучинами не являются [34].

Шпоры петель представлены поверхностями I нпт, что также указывает на разрушение вогнутых берегов и вытягивание петель во время позднеплейстоценового периода активных русловых деформаций; в более поздние сроки конфигурация русла практически не менялась. Очевидно, что никакой палеогеографической информации конфигурация русла и его врезанные петли не несут – они случайны.

Среднее течение реки Москвы начинается ниже д. Рыбушкино; в морфологическом плане оно относится к третьему – Звенигородскому участку долины (III) (рис. 4). Морфология долины здесь заметно изменяется – узкопойменная долина расширяется и приобретает ящикообразную фор-

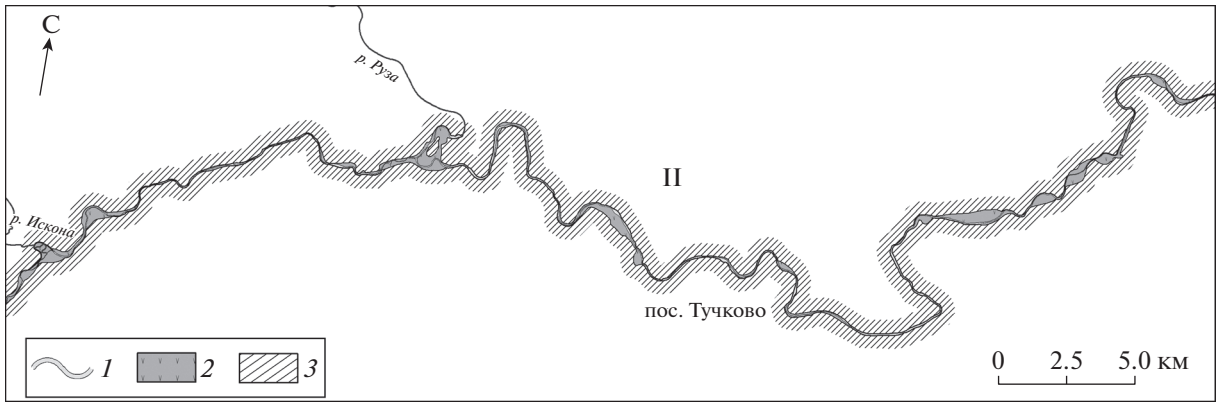

Рис. 3. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы на участке врезанного русла (Тучковском) (II). *1* – русло; *2* – фрагменты поймы; *3* – внешняя граница дна долины.

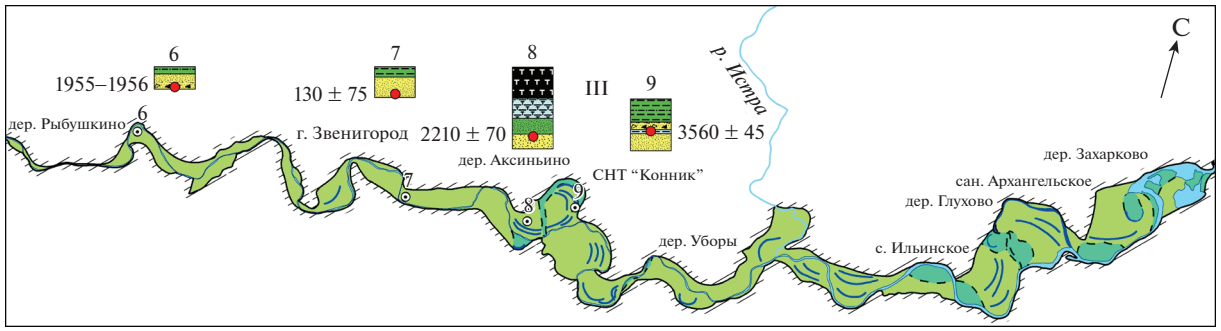

Рис. 4. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы на участке перехода от врезанного русла к широкопойменному (Звенигородскому III). Усл. обозначения см. рис. 2.

му – плоское широкое днище обрамляется крутыми бортами. Это объясняется тем, что именно здесь трудноразмываемые известняки среднего карбона погружаются под податливые глины средней юры, в понижениях кровли которой лежат моренные суглинки московского оледенения. Возросшая податливость пород и послужила причиной изменения морфологии долины. Русло снова образует огромные, не соответствующие водности реки изгибы, которые можно представить как типичные реликтовые макроизлучины; шпоры макроизлучин здесь, как и на верхнем участке, представлены высокой древней поймой, высотой до 4 м над меженным урезом. Радиус кривизны макроизлучин ниже впадения реки Рузы составляет 0.7–0.8 км, шаг макроизлучин на этом участке долины равен 1.3–1.8 км. Ширина пойменных массивов в шпорах макроизлучин колеблется от 1.5 до 2.5 км при ширине русла 150 м. Пойма на массивах, образованных макроизлучинами, ровная, луговая; в цветовой гамме лугов (но не в рельефе) иногда угадываются следы крупных грив, повторяющих очертания макроизлучин. Расположены пойменные массивы в шахматном порядке, так как макроизлучины своими вершинами опираются на уступы террас и коренных берегов. Тем самым долина в среднем течении реки становится широкопойменной, а пояс блуждания русла от одного берега до другого можно представить себе как пояс макромеандрирования.

Время образования макроизлучин в долине среднего течения реки Москвы относится к периоду 14–15 тыс. л.н., когда рыхлые породы, слагающие водосборный бассейн, еще сохранялись в мерзлом состоянии. Это обусловливало высокий коэффициент стока – объемы весенних половодий, а следовательно, и значения руслоформирующих расходов воды превышали современные; кроме того, общий годовой объем стока был выше современного, как следствие постледниковой перестройки атмосферной циркуляции. Все эти условия в совокупности и способствовали формированию здесь макроизлучин, аналогичных крупным излучинам в Можайском расширении долины [28, 32].

В позднем дриасе (12.0–12.5 тыс. л.н.) водность, а следовательно, и эрозионная способность реки Москвы, сократились. Река стала делать попытки приспособить древнее русло, созданное в условиях повышенной водности, под

свою новую водность и начала образовывать в вершинах макроизлучин, где мощность потока увеличена, небольшие пологие излучины с шагом 0.35–0.5 м [32]. Но борта долины, сложенные трудноразмываемым суглинком, залегающим в начале среднего течения на известняках, препятствовали их развитию и искривлению. Вдоль выпуклых берегов протягиваются узкие полосы молодой поймы, однако почти везде они повторяют изгибы современного русла, подчеркивая лишь относительно недавние положения русла. Действительно, их возраст, определенный по радиоуглеродному анализу, определяется как начало XIX – середина XX столетия (табл. 1, образцы 6 и 7).

Однако уже ниже г. Звенигорода, по мере замещения в бортах долины карбоновых известняков более податливыми к размыву юрскими глинами и водноледниковыми супесями и песками, наметилась тенденция сохранения активности горизонтальных русловых деформаций и в более поздние периоды позднеледниковья, а также в раннем и среднем голоцене. В это время в долине стали происходить крупные перестройки русла реки в пределах всей ширины пояса макромеандрирования, которые хорошо сохранились на пойме этого участка.

Первой крупной перестройкой русла, произошедшей уже в голоцене и хорошо сохранившейся в рельефе поймы, были искривление и последующее спрямление двух смежных петлеобразных излучин русла в районе с. Аксиньино – СНТ “Конник”, что в 7 км ниже Звенигорода (рис. 4). Датирование торфа, выстилающего основание старичной фации в заболоченном старичном понижении, сохранившемся от этих излучин, показывает их возраст на последнем этапе перед спрямлением русла – 2.2 тыс. л. и 3.6 тыс. л. (табл. 1, образцы 8 и 9).

Но здесь произошло спрямление излучин не современных размеров, а излучин, находящихся по своим параметрам где-то между москворецкими макроизлучинами и нынешними излучинами. Шаг этих стариц 1.2 км, что приближается к шагу макроизлучин – 1.5–1.7 км, тогда как шаг современных излучин, распространенных ниже по течению, равен 0.6–0.7 км. Значительные размеры старицы могут быть объяснены высокими значениями руслоформирующих расходов воды в условиях высокого коэффициента стока в тот период времени [35].

Ниже по течению голоценовое русло реки Москвы все чаще блуждает в пределах позднеплейстоценового пояса макромеандрирования, оставляя следы этого блуждания на широкой пойме в шпорах макроизлучин. Одна из таких спрямившихся стариц, имеющих вполне современные размеры (шаг равен 0.5 км), прослеживается в шпоре Зареченской макроизлучины, другая аналогичная старица угадывается справа от русла напротив дер. Уборы.

Любопытен рисунок рельефа совместной Москворецкой-Истринской поймы в месте впадения Истры: там четко прослеживаются следы двух смежных излучин большого размера (с шагом 0.9–1.0 км, т.е. больше современных, но меньше макроизлучин русла). Этот участок русла явно принадлежит Истре, однако выше по течению Истра отличается узкопойменной долиной (шириной 1.1 км), в пределах которой полностью отсутствуют следы какого-либо более водного этапа.

Ниже с. Ильинское русло реки Москвы активно блуждало по пойменным шпорам макроизлучин, и к настоящему времени полностью переработало более трети их поверхности (рис. 5). Так, в районе сел Глухово и Архангельское произошло полное спрямление Архангельской макроизлучины: еще в середине XIX века река подходила непосредственно к уступу левого берега, на котором расположился садово-парковый ансамбль “Архангельское”; однако в конце этого века произошло спрямление русла, и основной поток воды переместился к правому берегу. Старое русло хорошо сохранилось в виде изогнутого озера, в верхней своей части уже заполненного наносами. Возможно, для ускорения естественного процесса спрямления русла в конце XIX века были проведены вспомогательные земляные работы, так как именно такое изменение его конфигурации способствовало улучшению водоснабжения тогда еще только проектируемого Рублевского водозаборного узла.

Смежной с Архангельской является Захарковская макроизлучина. Здесь так же, как и на Архангельской, русло реки активно блуждало и на протяжении голоцена, благодаря чему в прирусловой части были сформированы пологие относительно молодые излучины. Возраст пойменных отложений на молодых массивах макроизлучины составляет 3.5–3.3 тыс. лет, что совпадает со временем активизации блужданий русла реки в податливых юрских породах и на других участках среднего течения [36].

Горизонтальные русловые деформации в пределах Захарковского массива не ослабевали и в более поздние периоды развития – об этом говорит старица “Кружок”, которая при прорыве шейки и спрямлении петлеобразной излучины оказалась почти в полном окружении Захарковского массива. Шаг этой старицы равен 0.56 км, как и у других современных излучин реки, но ее искривление и спрямление произошли значительно позже, чем деформации на остальных частях макроизлучины – всего около 1.8 тыс. л.н.

Спрямление русла и образование старичного озера происходили в два этапа [37]. Сначала на

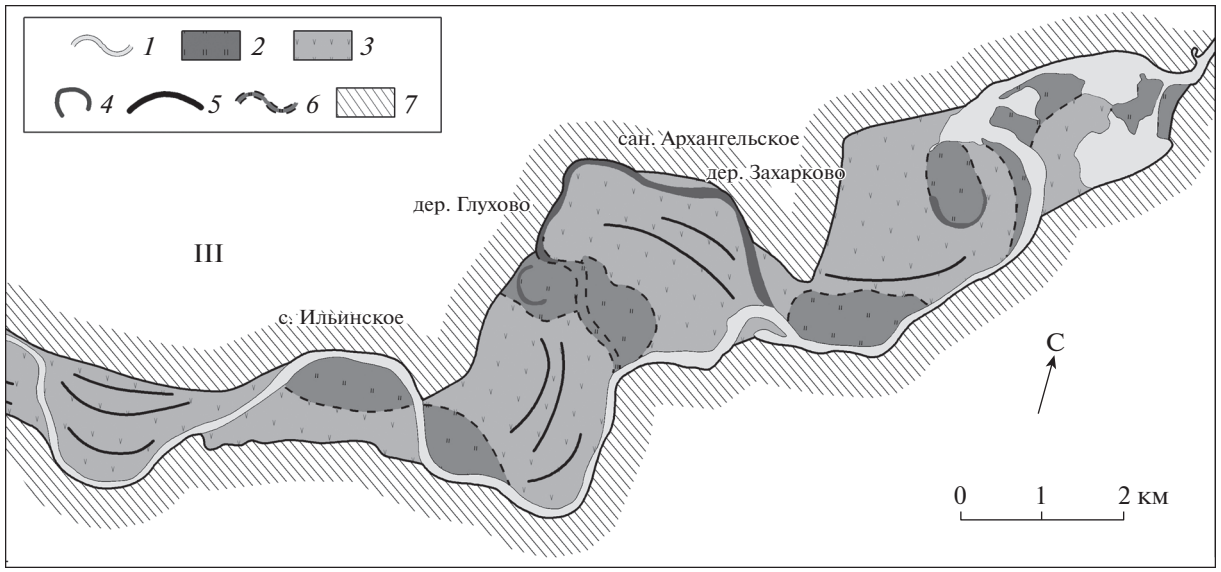

Рис. 5. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы в районе Ильинское–Захарково (III – Звенигородский участок).

1 – русло; *2* – низкая молодая пойма; *3* – высокая древняя пойма; *4* – современные старицы; *5* – гривы следы макроизлучин; *6* – староречье заболоченная ложбина; *7* – внешняя граница дна долины, сложенной глинами кимериджского яруса верхней юры.

рубеже XVIII–XIX веков спрямилась наиболее крутая и глубоко врезавшаяся в шпору Захаровского массива верхняя часть излучины, образовавшая, собственно, ныне существующее оз. Кружок: на межевых картах 1770 г. русло реки еще проходило по всей старице. На картах 1860 и 1878 г. видно, что старица "Кружок" уже отшнуровалась от русла, но спрямление оказалось неполным, и в ее внешней части сохранился очень крутой вынужденный изгиб русла, опирающийся на уступ террасы. К 1908 г. спрямился и он. Остальная площадь Захарковского массива с тех пор полностью изменена человеком; прямой связи с рекой Москвой старица вот уже более 50 лет не имеет, так как исток и устье перегорожены дорожными насыпями, на месте второй – вынужденной старицы – возник карьер стройматериалов. Но, несмотря на это, старица имеет ярко выраженные борта, четкую форму и еще недавно была заполнена водой. Само ее существование в таком виде показывает, что при даже небольшом росте размываемости пород, слагающих борта долины и шпоры макроизлучин, река начинает интенсивно меандрировать.

В пределах городской черты русло реки Москвы образует несколько смежных макроизлучин, часть из которых – на входе в город и на выходе из него, являются свободными, другая часть – в центральной части города – врезанная (рис. 6). Шпоры свободных макроизлучин полностью заняты поймой, шпоры врезанных макроизлучин (Филевская, Шелепихинская, Лужнецкая, Замоскворецкая) в прирусловой части пойменные, в центральной и тыловой – террасовые. Городская застройка не дает возможности восстановить на этом участке следы голоценовых перестроек русла, за исключением произведенных искусственно в XVIII–XX столетиях и детально задокументированных.

Нижнее течение реки Москвы начинается за пределами МКАД и продолжается до самого устья у г. Коломны. Обобщенно нижняя часть долины реки объединяется в четвертый – Воскресенский участок (IV), однако в силу часто меняющихся долинообразующих пород, долина здесь представлена чередованием сужений и расширений, в пределах которых ее морфометрические характеристики меняются кардинально. В сужениях долина оказывается врезанной непосредственно в среднекарбоновые известняки; пойма выклинивается или становится узкой и односторонней, русло приобретает относительно прямолинейную форму, а в устье Пахры оно даже испытывает резкий – под прямым углом, поворот на восток, совпадая с направлением зон трещиноватости известняков. К руслу на суженных участках непосредственно подходят уступы I и II нпт. В расширениях дна долины кровля известняков погружается и русло реки интенсивно меандрирует в песках и суглинках аллювиального происхождения – здесь развита широкая пойма.

Всего в нижнем течении выделяются четыре широкопойменных участка и три сужения (рис. 7). Длина расширений равна, соответственно, 11, 26, 17 и 12 км (по оси долины), длина сужений – 11, 8 и 26 км, т.е. размеры расширений и сужений весьма произвольны. Расширения по своей форме объединяются в две группы: ширина поймы в

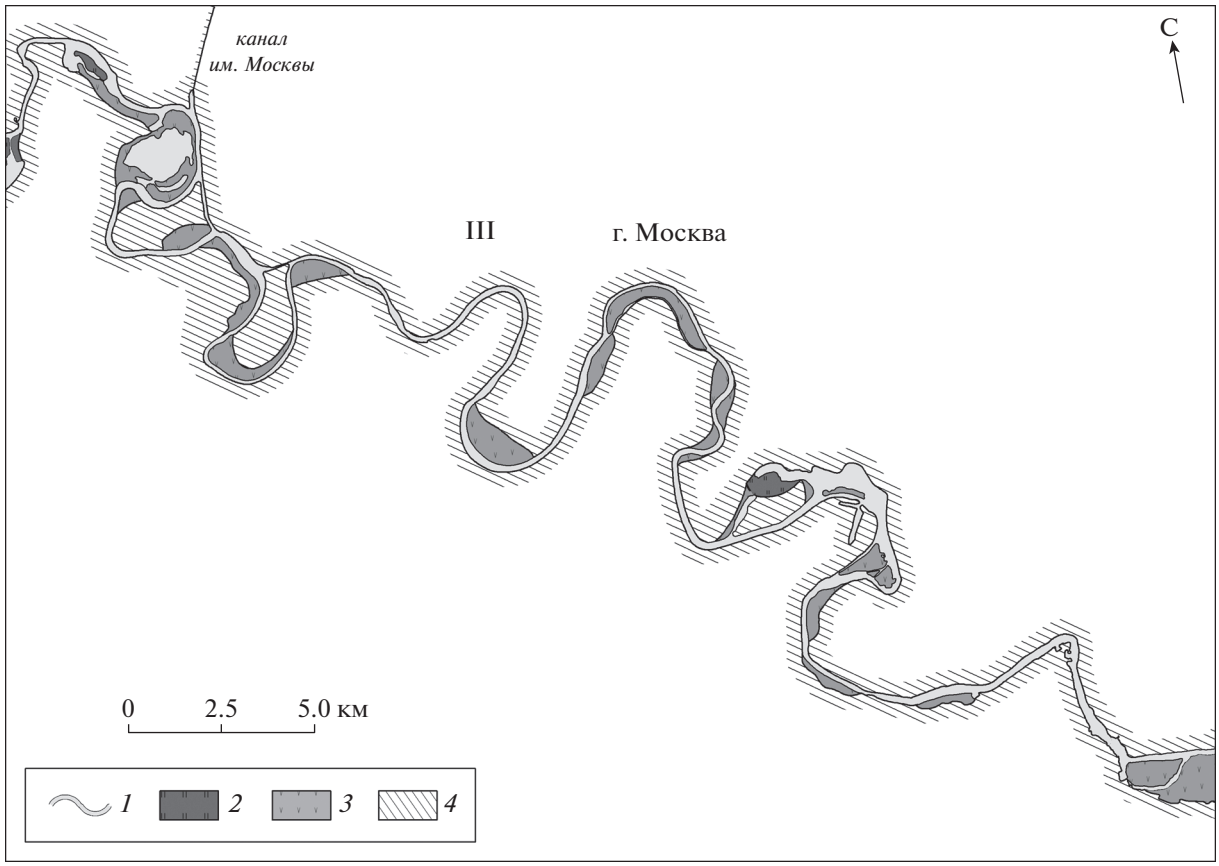

Рис. 6. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы в пределах г. Москвы. *1* – русло; *2* – высокая древняя пойма; *3* – низкая молодая пойма; *4* – внешняя граница пойменно-руслового комплекса.

первой группе расширений составляет 1.6–3.0 км; расширения второй группы имеют ширину 6–8 км – они представляют собой округлые котловины, приуроченные к устьям небольших левобережных притоков Москвы – рек Пехорки, Быковки, Гжелки, Нерской. Вместе с тем ряд притоков впадает в реку Москвы и вне крупных расширений (реки Вохринка, Северка) или вовсе в сужениях (р. Пахра). То есть никакой связи между положением притоков и положением расширений в долине реки нет.

Русло реки Москвы характеризуется чередованием серий свободных излучин и относительно прямолинейных отрезков; излучины и некоторые прямолинейные отрезки расположены в широкой пойме, в сужениях русло прямолинейное врезанное. Рельеф современной поймы практически на всей ее площади ровный; он почти полностью изменен деятельностью человека. До недавних пор, в основном, это была распашка – пойма и сейчас разделена на квадраты полей; квадраты имеют разные размеры и ориентировку, но их границы проведены произвольно и почти нигде не обусловлены первичным пойменным рельефом (гривами, ложбинами) из-за слабой выраженности последних.

Вместе с тем на космических снимках можно увидеть следы первичного сегментно-гривистого пойменного рельефа, которые были присущи пойме до начала ее освоения. Степень его сохранности различна. Чаще всего это – следы грив и межгривных понижений в виде изогнутых полос почв разной смытости, а поэтому и разного цвета на пахоте. Они подчеркивают единичные пойменные сегменты – следы древних излучин реки. Также на пойме выделяют серповидные старичные понижения, занятые сейчас болотами и озерами. Иногда следы древнего русла можно угадать по дугообразным уступам или границам пахотных угодий, проведенных по положению вогнутых берегов древних излучин. Однако во всех случаях следы древнего русла не увязываются в единую картину его положения по всей длине русла в расширениях, из-за чего восстановить непрерывное положение пра-Москвы-реки в те или иные этапы ее развития, напрямую используя методы палеорусловедения, невозможно.

В то же время анализ конфигурации всех дешифрированных стариц и иных следов древнего русла в плане показал, что даже в таком разрозненном виде они несут важные знания о недавнем прошлом реки. Во-первых, подавляющее боль-

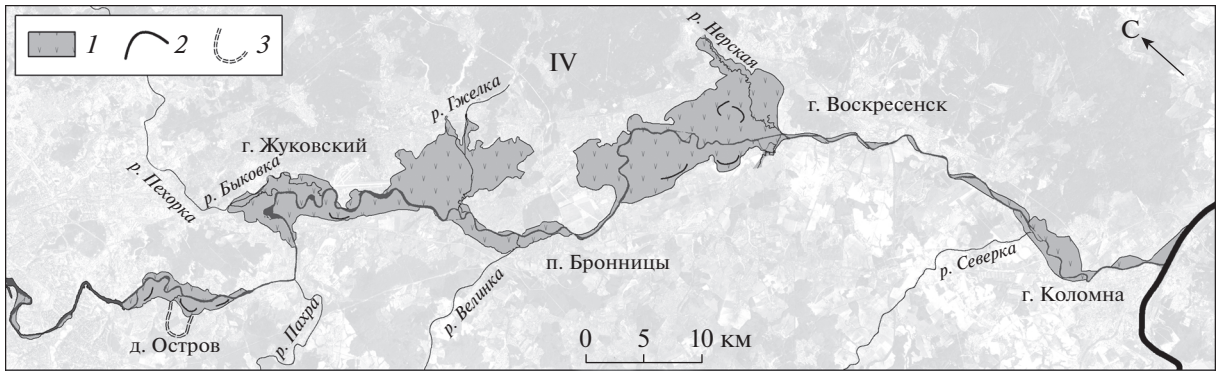

Рис. 7. Пойменно-русловой комплекс р. Москвы в нижнем течении.

1 – расширения долины, занятые современной поймой; *2* – следы пойменных грив больших размеров (следы макроизлучин); *3* – макроизлучина у дер. Остров, приуроченная к I нпт.

шинство следов древнего русла извилистое; это дает полное основание утверждать, что р. Москва в нижнем течении в позднеледниковье и голоцене меандрировала, как и участки, лежащие выше по течению. Во-вторых, возможно объединить все старицы и иные следы древнего русла по их параметрам в три группы. Все типичные извилистые формы русла нижнего течения реки Москвы показаны на рис. 8, где изображен участок расширения долины выше устья реки Нерской.

В первую группу объединены древние макроизлучины – их размеры значительно превышают размеры современных – шаг составляет 2.0 км, а средний радиус кривизны – 1.4 км. Здесь, в долине нижнего течения реки Москвы, в отличие от таковой верхнего и среднего течения, макроизлучины имеют крайне ограниченное распространение, связанное с их плохой сохранностью. Такой макроизлучиной является ложбина, огибающая правобережный останец II и I нпт с находящейся на ней деревней Остров, а также едва угадывающиеся по ландшафтам макроизлучины на правом берегу реки, целиком расположенные на пойме (рис. 7, 8). Любопытно, что в крупных левобережных расширениях поймы (котловинах) следов макроизлучин не наблюдается.

Ко второй группе относятся старицы или едва заметные линии древних береговых уступов когда-то вогнутых берегов, чьи размеры (шаг, радиус кривизны, для стариц – ширина) соизмеримы с размерами современных излучин (табл. 1, точки 10–17). Шаг современных излучин русла составляет от 0.4 до 0.8 км, радиус кривизны – 0.3–0.5 км. Старицы и изгибы уступов, соответствующие современным излучинам, имеют радиус кривизны, в среднем равный тоже 0.3–0.5 км. По аналогии с макроизлучинами и описываемыми далее микроизлучинами, современные излучины и сохранившиеся от них старицы можно назвать мезоизлучинами.

Наибольший интерес вызывают старицы третьей группы – следы микроизлучин или стариц очень маленьких размеров. Если радиусы кривизны современных излучин составляют 330–515 м (по вогнутому берегу), а их шаг равен 600–800 м, то радиусы кривизны микроизлучин едва достигают 110–140 м, а шаг – 150–200 м, что в 4–5 раз меньше (табл. 1, точки 18–23). Аналогичных микроизлучин или сохранившихся от них стариц в верхнем и среднем течении нет. С целью определения возраста возникновения стариц и, следовательно, формирования излучин русла различного облика в нижнем течении реки Москвы было проведено определение абсолютного возраста отложений аллювия на дне стариц, маркирующих начало их отмирания после спрямления и ухода основного русла реки в сторону (табл. 1).

Нынешний этап развития долины нижней Москвы-реки, во время которого она постепенно приобретала современный облик, начался, как и в верхнем течении, в осташковском позднеледниковье – аналогом следов макроизлучин в нижнем течении вполне могут являться огромные излучины среднего течения реки, абсолютный возраст которых определен по ОСЛ анализу в 15460 ± ± 690 лет [33]. Макроизлучины в расширениях долины в нижнем течении стали оформляться в условиях повышенного стока позднего неоплейстоцена 19–16 тыс. л.н. – так же, как и на участках верхнего и среднего течений, однако в нижнем течении следы большей части из них были затем уничтожены последующими событиями; лишь одна из них – возле деревни Остров сохранилась (см. рис. 7). Она спрямилась 19–18 тыс. л.н., но затем оказалась брошенной рекой [4, 28].

К позднему дриасу сток воды снижается, и интенсивность горизонтальных русловых деформаций также уменьшается. Однако в нижнем течении, в отличие от верхнего и частично среднего, это снижение оказывается не столь резким, и раз-

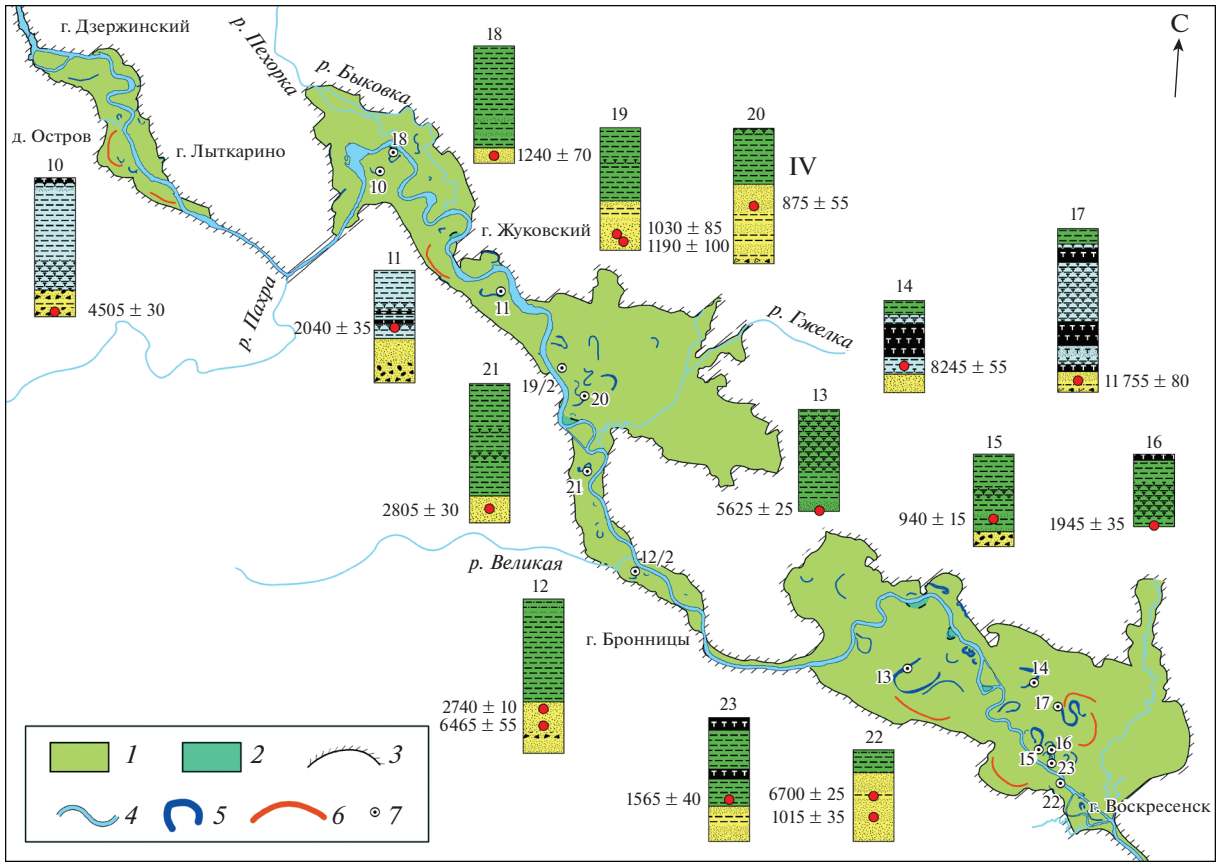

Рис. 8. Геоморфологическая схема пойменно-руслового комплекса р. Москвы на Воскресенском участке (г. Дзержинский – г. Воскресенск (IV).

Пойма: 1 – высокая древняя, *2* – низкая молодая; *3* – внешняя граница пойменно-руслового комплекса; *4* – русло; *5* – пойменные гривы и старицы; *6* – следы макроизлучин на пойме; *7* – скважины и их номера в табл. 1.

Усл. обозначения отложений в скважинах см. рис. 2.

витие излучин и их миграция по расширениям дна долины продолжаются и в условиях снижения стока. Начало формирования современной поймы датируется отложениями, лежащими в основании одного из немногих сохранившихся на пойме староречий, представленного четырьмя смежными старицами выше русла р. Нерской – их возраст около 11.8 тыс. л. (по образцу, взятому с подошвы пойменной фации на глубине 7.5 м (табл. 1, точка 17).

Интерпретация данных о возрасте стариц, соответствующих по своим размерам современным излучинам (табл. 1), позволяет сделать вывод о том, что на протяжении голоцена естественные условия развития всего пойменно-руслового комплекса нижней реки Москвы существенно не менялись. И кривизна, и шаг стариц находятся в примерно одних и тех же пределах, но их возраст варьирует от 11.8 до 0.9 тыс. л. Это как раз и подтверждает сделанный вывод.

Микроизлучины, судя по сохранившимся старицам малых размеров, были широко распространены по всей пойме нижней реки Москвы – сейчас на пойме можно насчитать 25 малых стариц, большая часть из которых уже успела зарасти. Однако данные об абсолютном возрасте отложений этих стариц (табл. 1, точки 18–23) показывают, что микроизлучины, оставившие свой след в образовании этих стариц, существовали на протяжении очень короткого времени – возникнув на рубеже суббореального и субатлантического периодов 2.7–2.8 тыс. л.н., они развивались в основном в середине субатлантического периода и в конце первого тысячелетия нашей эры. С наступлением второго тысячелетия микроизлучины в долине реки Москвы исчезли – следов микростариц моложе 900 лет на пойме реки Москвы не найдено.

Старицы-микроизлучины располагаются внутри массивов современной поймы автономно – они не увязываются друг с другом, т.е. проследить положение узкого и маловодного русла, которое их формировало на каком-то этапе развития реки Москвы, нельзя.

Отсюда следует, что маловодного этапа, при котором образовывались в русле только излучины малых размеров, в жизни реки Москвы не существовало, а микроизлучины являются следствием какого-то наложенного процесса. Например, это могут быть следы пойменных проток, распространенных на каком-то этапе развития поймы реки Москвы из-за возросшей в то время неравномерности сезонного стока, повышения аккумуляции наносов в русле или мощных половодий, проходивших здесь как раз 2.3–2.7 тыс. л.н. и продолжавшихся до начала I тысячелетия [33]. Пойменные протоки существовали одновременно с основным многоводным руслом реки, искривлялись и отмирали одновременно с деформациями излучин главного русла. Более того, зафиксированы случаи, когда пойменные протоки проникали в шпору крупной излучины основного русла уже после ее спрямления, где начинали активно искривляться, использовав для своего развития податливый, еще не успевший уплотниться аллювий бывшего основного русла. Таковы, в частности, две наложенные друг на друга микростарицы в шпоре безымянного старичного озера “нормальной” кривизны на левобережной пойме реки (точки 15, 16, 23). Во втором тысячелетии нашей эры пойменная многорукавность была почти полностью уничтожена слабым врезанием реки, сменившим аккумуляцию наносов, а также распашкой пойменных угодий.

Рассматривался также вариант происхождения микроизлучин как стариц меандрирующих притоков реки Москвы, однако он не нашел своего подтверждения из-за отсутствия связи между реальными притоками реки и местонахождением микростариц, хаотично разбросанных по москворецкой пойме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги геоморфологического изучения днища долины реки Москвы на всем ее протяжении с палеорусловедческих позиций, можно сделать вывод о заметных различиях в истории развития долины в верхнем, среднем и особенно нижнем течении реки. В верхнем течении, выше пересечения рекой поднятия кровли коренных известняков, выделается Можайский широкопойменный участок – днище долины представлено двумя уровнями поймы и I нпт; однако сейчас облик его законсервирован. Основное развитие реки происходило здесь в период повышенной водности рек в гумидной зоне умеренных широт в позднем плейстоцене. Тогда, при высокой водности потока и прохождении его максимума в короткий интервал весеннего половодья, в русле формировались очень крупные излучины, заметно превышающие своими размерами современные. После снижения стока темпы горизонтальных русловых деформаций также снизились; макроизлучины сохранились и сейчас полностью определяют морфологический облик долины.

Заканчивается верхнее течение реки Москвы почти беспойменным Тучковским участком, где долина реки врезана в известняки, выходящие и здесь в ее бортах и днище. Изгибы долины обусловлены трещиноватостью кровли известняков и не информативны с палеорусловых позиций.

В среднем течении ниже г. Звенигорода основные деформации русла также запечатлели период повышенного весеннего стока – он отразился в виде макроизлучин русла на уровне высокой поймы так же, как и на Можайском участке определяющих здесь морфологический облик долины. Еще ниже по реке, там, где карбоновые известняки постепенно замещаются в бортах долины более податливыми к размыву юрскими глинами, в голоцене стали происходить более активные русловые деформации. Позднеплейстоценовые макроизлучины составляют здесь фон – общий облик днища долины, в пределах которого происходили и происходят (на исторической памяти) русловые деформации и формирование сегментно-гривистой поймы. Размеры стариц и параметры грив на пойменных массивах в шпорах макроизлучин уже соответствуют современным излучинам русла, что подчеркивает снижение объемов стока, знаменующее переход от позднеледниковья к голоцену.

Значительно активнее происходили деформации русла реки Москвы в ее нижнем течении. Причем последовательное появление здесь макро-, мезо-, а затем и микроизлучин, вполне возможно, маркирует здесь смену не литологических, а гидроклиматических условий голоцена.

Таким образом, первичный анализ рельефа и строения поймы реки Москвы (особенно в нижнем течении), ставит перед дальнейшими исследованиями истории развития долины реки следующие задачи: а) определение распространения макроизлучин по длине долины и уточнение периода их формирования; б) определение периода формирования в расширениях долины в конце среднего и в нижнем течении реки русла, близкого по водности к современному, но более извилистого, чем сейчас, и выявление причин спрямления в последующем значительной части этих излучин; в) определение причин появления на москворецкой пойме микростариц – следов существования в долине реки Москвы в атлантическом периоде микроизлучин, размеры которых не соответствуют среднеголоценовой и современной естественной водности реки Москвы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по плану темы госзадания НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ им. М.В. Ломоносова “Гидрология, морфодинамика и геоэкология эрозионно-русловых систем” и при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-05-00712 и № 18-05-00487). Автор благодарит инженера Географического факультета МГУ Е.А. Тузову и инженера ИГРАН Д.В. Баранова за помощь, оказанную при оформлении данной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., and Chernov A.V.* Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain / Marriott S., Alexander J. and Hey R. (Eds.). Floodplains: Interdisciplinary Approaches. Geological Society, London, Special Publications, 1999. 163. P. 217–229. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.163.01.17
2. *Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В.* Поздневалдайские палеорусла рек Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 6. С. 73–78.
3. *Borisova O., Sidorchuk A., and Panin A.* Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data // Catena. 2006. 66. P. 53–73. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.07.010
4. *Sidorchuk A., Panin A., and Borisova O.* Morphology of river channels and surface runoff in the Volga River basin (East European Plain) during the Late Glacial period // Geomorphology. 2009. Vol. 113. P. 137–157. https://doi.org/10.1016/j.geomorph
5. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Власов М.В.* Мощный поздневалдайский речной сток в бассейне Дона // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 118–129.
6. *Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., and Novenko E.* Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain // Quaternary Science Reviews. 2017. 166 P. 266–288. https://doi.org/10.1016/j.quascirev
7. *Матлахова Е.Ю., Панин А.В., Беляев В.Р., Борисова О.К.* Развитие долины Верхнего Дона в конце позднего плейстоцена // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2019. № 3. С. 83–92.
8. *Матлахова Е.Ю., Панин А.В., Украинцев В.Ю.* История развития долины р. Мокши в конце позднего плейстоцена // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 3. С. 105–115. https://doi.org/10.31857/S043542812103007X
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. *Panin A.V., Adamiec G., Arslanov K.A., Bronnikova M.A., Filippov V.V., Sheremetskaya E.D., Zaretskaya N.E., and Zazovskaya E.P.* Absolute chronology of fluvial events in the Upper Dnieper river system and its palaeogeographic implications // Geochronometria. 2014. 41(3). P. 278–293. https://doi.org/10.2478/s13386-013-0154-1
11. *Golosov V. and Panin A.* Century-scale stream network dynamics in the Russian Plain in response to climate and land use change // Catena. 2006. 66. P. 74–92. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.07.011
12. *Панин А.В., Каревская И.А.* История формирования поймы р. Протвы в пределах Сатинского полигона МГУ// Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2000. № 4. С. 55–62.
13. *Кривцов В.А., Воробьев А.Ю., Водорезов А.В., Зазовская Э.П.* Особенности формирования поймы реки Оки в ее среднем течении (на примере Спасского расширения) // Геоморфология. 2020. № 3. С. 56–71. https://doi.org/10.31857/S0435428120030050
14. *Каргаполова И.Н., Завадский А.С.* Естественные изменения русла нижнего течения р. Москвы и его трансформация в условиях интенсивной хозяйственной деятельности // Геоморфология. 2006. № 1. С. 45–56.
15. *Озерова Н.А.* Москва-река в пространстве и времени. М.: Прогресс-Традиция, 2014. 320 с.
16. *Чалов Р.С.* Историческое и палеорусловедение: предмет, методы исследований и роль в изучении рельефа // Геоморфология. 1996. № 4. С. 13–18.
17. *Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
18. *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. № 2 (54). С. 109–119.
19. *Bronk Ramsey C.* Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. 51 (1). P. 337–360.
20. *Reimer P., Austin W., and Bard E.* The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. 62 (4). P. 725–757.
21. *Сидорчук А. Ю., Панин А. В., Борисова О. К.* Климатически обусловленные изменения речного стока на равнинах Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 4. С. 406–416.
22. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.* Снижение стока рек равнин Северной Евразии в оптимум голоцена // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 1. С. 40–53.
23. *Sidorchuk A., Panin A., and Borisova O.* Surface runoff to the Black Sea from the East European Plain during Last Glacial Maximum–Late Glacial time, in: Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis // Geological Society of America Special Paper. 2011. Vol. 473. P. 1–25. https://doi.org/10.1130/2011.2473(01)
24. *Kislov A.V., Panin A.V., and Toropov P.* Current status and palaeostages of the Caspian Sea as a potential evaluation tool for climate model simulations // Quaternary International. 2014. Vol. 345. P. 48–55. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.014

25. Геоморфологическое районирование СССР. М-б 8000000 / Под ред. А.И. Спиридонова. М.: ГУГК СССР, 1985.
26. Геологическая карта дочетвертичных отложений Московской области. Масштаб 1:500000 / Под ред. Н.И. Сычкина. М.: МПР РФ, 1998.
27. *Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., and Chuyko M.* Glaciomorphological Map of the Russian Federation // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 4–14.
28. *Панин А.В., Матлахова Е.Ю.* Периодические проявления мощного речного стока в центре Русской равнины в валдайскую холодную эпоху // Вестник ТомскГУ. 2013. № 370. С. 168–174.
29. *Чернов А.В., Завадский А.С.* Основные закономерности и локальные особенности развития русел малых и средних рек (результаты мониторинговых наблюдений) // Вестник Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30. Вып. 2. С. 215–222.
30. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю.* Макроизлучины ("большие меандры"): проблемы происхождения и интерпретации // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2006. № 6. С. 14–22.
31. *Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В.* Основные этапы формирования пойм равнинных рек Северной Евразии // Геоморфология. 2011. № 3. С. 20–31.
32. *Панин А.В.* Предварительные данные по истории формирования поймы Москвы-реки в районе Успенского-РАНИС // Археология Подмосковья / Мат-лы науч. семинара. Вып. 4. М.: Институт археологии РАН, 2008. С. 340–343.
33. *Александровский А.Л., Панин А.В.* Закономерности формирования поймы реки Москвы в контексте ее освоения человеком (на примере ключевого участка в районе Звенигородской биостанции МГУ) // Археология Подмосковья / Мат-лы науч. семинара. Вып. 9. М.: Институт археологии РАН, 2013. С. 249–255.
34. *Чернов А.В.* Динамика пойменно-руслового комплекса р. Тарусы при высокой изменчивости климатических условий последних десятилетий // Сб. науч. трудов геогр. ф-та МПГУ. М.: Буки-веди, 2017. С. 135–142.
35. *Sidorchuk A., Borisova O., Chernov A., and Panin A.* Three Main Stages of Floodplain Evolution in Northern Eurasia and their Ecological Significance // Environmental Management, Restoration and Ecological Implications. Chapter 4. Nova publishers. New York. 2013. P. 69–136.
36. *Федонин Р.А., Панин А.В., Сироштан И.И.* Формирование поймы р. Москвы в районе д. Захарково и ее селитебное освоение // Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения. М.: КДУ, Университетская книга, 2019. С. 88–91.
37. *Завадский А.С., Сурков В.В., Чернов А.В., Ботавин Д.В., Головлев П.П., Самохин М.А.* Трансформация пойменных ландшафтов под влиянием природных и антропогенных изменений окружающей среды (на примере Захарковской поймы р. Москвы // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31. Вып. 2. С. 166–177.

Morphology and history of the development of the Moscow River valley in the Late Glacial and Holocene

A. V. Chernov[a,#]

[a] *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

[#] *E-mail: Alexey.chernov@inbox.ru*

The paper presents the morphology of the floodplain-channel complex of the Moscow River controlled by bedrock lithology and morphostructural patterns of the upper and lower parts of the basin. Historical reconstruction of the basin development before the beginning of intensive human intervention in its functioning is proposed. The entire river valley can be divided into several morphologically homogeneous sections: Mozhaisk with macro meanders, and Tuchkovsky with narrow floodplain and insides meanders sections in the upper reaches, Zvenigorodsko-Moskovsky section characterized by presence of macro meanders in the middle reaches, and Voskresensky with lithologically controlled narrowing and widening of the valley in the lower reaches. Radiocarbon dating of floodplain (oxbow) deposits recovered from morphologically different floodplain-channel complexes helped to restore the stages of natural river valley development. The following periods were established: late glacial phase with high discharge and runoff coefficient, the early Holocene stage of low discharge, the late Holocene stage when multiple channels developed on the floodplain, and the current stage of active interaction of natural and anthropogenic valley and riverbed-forming processes. It is obvious that the first three stages ultimately served as the natural basis, which over the past hundreds of years has been actively influenced by human activity. At the same time, traces of micro-meaders found on the floodplain only in the lower reaches, marking a certain stage at the beginning of the sub-Atlantic period of the Holocene, have not yet been explained in the evolutionary series of the development of the valley, floodplain and riverbed of the Moscow River.

Keywords: riverbed, floodplain and floodplain massifs, oxbow lakes, macro-, meso- and micro-radiations, absolute age of the floodplain

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out according to the plan of the theme of the state task of the NIL soil erosion and channel processes named after N.I. Makkaveev of the Lomonosov Moscow State University "Hydrology, morphodynamics and geoecology of erosion-channel systems" and with the financial support of the RFBR (projects No. 18-05-00712 and No. 18-05-00487). The author thanks the engineer of the Faculty of Geography of Moscow State University E.A. Tuzova and engineer of the Institute of Geography RAS D.V. Baranov for the help rendered in the design of this work.

REFERENCES

1. Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., and Chernov A.V. Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain. Marriott S., Alexander J., and Hey R. (Eds.). Floodplains: Interdisciplinary Approaches. Geological Society, London, Special Publications. Vol. 163. 1999. P. 217–229. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.163.01.17
2. Sidorchuk A.Yu., Borisova O.K., and Panin A.V. *Pozdnevaldaiskie paleorusla rek Russkoi ravniny* (The Late Valday river paleochannels in the Russian Plain). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya geograficheskaya*. 2000. No. 6. P. 73–78. (in Russ.)
3. Borisova O., Sidorchuk A., and Panin A. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data. *Catena*. 2006. Vol. 66. P. 53–73. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.07.010
4. Sidorchuk A., Panin A., and Borisova O. Morphology of river channels and surface runoff in the Volga River basin (East European Plain) during the Late Glacial period. *Geomorphology*. 2009. Vol. 113. P. 137–157. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.03.007
5. Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., and Vlasov M.V. *Moshchnyi pozdnevaldaiskii rechnoi stok v basseine Dona* (High Late river runoff in the Don basin). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya geograficheskaya*. 2013. No. 1. P. 118–129. (in Russ.) https://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-1-118-129
6. Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., and Novenko E. Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain. *Quaternary Science Reviews*. 2017. Vol. 166. P. 266–288. https://doi.org/10.1016/j.quascirev
7. Matlakhova E.Yu., Panin A.V., Belyaev V.R., and Borisova O.K. *Razvitie doliny Verkhnego Dona v kontse pozdnego pleistotsena* (Development of the Upper Don valley at the end of the Late Pleistocene). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya Geografiya*. 2019. No. 3. P. 83–92 (in Russ.)
8. Matlakhova E.Yu., Panin A.V., and Ukraintsev V.Yu. *Istoriya razvitiya doliny r. Mokshi v kontse pozdnego pleistotsena* (Development of the Moksha River valley at the end of the Late Pleistocene). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2021. Vol. 52. No. 3. P. 105–115. (in Russ.) https://doi.org/10.31857/S043542812103007X
9. Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Baslerov S.V., Borisova O.K., Kovalyukh N.N., and Sheremetskaya E.D. *Osnovnye etapy istorii rechnykh dolin tsentra Russkoi ravniny v pozdnem valdae i golotsene: rezul'taty issledovanii v srednem techenii r. Seim* (Main stages of the history of river valleys in the center of the Russian Plain in the Late Valdai and Holocene: case study in the middle reaches of the Seim River). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2001. No 2. P. 19–34. (in Russ.)
10. Panin A.V., Adamiec G., Arslanov K.A., Bronnikova M.A., Filippov V.V., Sheremetskaya E.D., Zaretskaya N.E., and Zazovskaya E.P. Absolute chronology of fluvial events in the Upper Dnieper river system and its palaeogeographic implications. *Geochronometria*. 2014. Vol. 41(3). P. 278–293. https://doi.org/10.2478/s13386-013-0154-1
11. Golosov V. and Panin A. Century-scale stream network dynamics in the Russian Plain in response to climate and land use change. *Catena*. 2006. Vol. 66. P. 74–92. https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.07.011
12. Panin A.V. and Karevskaya I.A. *Istoriya formirovaniya poimy r. Protvy v predelakh Satinskogo poligona MGU* (Formation of the Protva river floodplain in the Satino MSU training station). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 2000. No. 4. P. 55–62. (in Russ.)
13. Krivtsov V.A., Vorob'ev A.Yu., Vodorezov A.V., and Zazovskaya E.P. *Osobennosti formirovaniya poimy reki Oki v ee srednem techenii (na primere Spasskogo rasshireniya)* (Peculiarities of the floodplain formation of the Oka River in its middle reaches: the case study of the "Spasskoe" local widening). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2020. No. 3. P. 56–71 (in Russ.) https://doi.org/10.31857/S0435428120030050
14. Kargapolova I.N., Zavadskii A.S. *Estestvennye izmeneniya rusla nizhnego techeniya r. Moskvy i ego transformatsiya v usloviyakh intensivnoi khozyaistvennoi deyatel'nosti* (Natural dynamics of River Moskva channel in the lower course and its transformation under intensive economic activity). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2006. No. 1. P. 45–56. (in Russ.)
15. Ozerova N.A. *Moskva-reka v prostranstve i vremeni* (Moscow-the river in space and time). Moscow: Progress-Tradition (Publ.), 2014. 320 p. (in Russ.)
16. Chalov R.S. *Istoricheskoe i paleoruslovedenie: predmet, metody issledovanii i rol' v izuchenii rel'efa* (Historical and paleochannel studies: subject, methods and the role in geomorphological research). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1996. No. 4. P. 13–18. (in Russ.)
17. Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* (River channel and erosion in its basin). Moscow: AS USSR (Publ.), 1955. 347 p. (in Russ.)
18. Karmanov V.N., Chernov A.V., Zaretskaya N.E., Panin A.V., and Volokitin A.V. *Opyt primeneniya dannykh paleoruslovedeniya v arkheologii na primere izucheniya Srednei Vychegdy (Evropeiskii Severo-Vostok Rossii)* (Paleochannel Studies in Archaeology: The Case of The Vychegda River, Northeastern European Russia). *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. 2013. Vol. 41 (2). P. 83–93. (in Russ.) https://doi.org/10.1016/j.aeae.2013.11.008
19. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*. 51(1). 2009. P. 337–360.
20. Reimer P., Austin W., and Bard E. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration

Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*. 62 (4). 2020. P. 725–757.
21. Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., and Borisova O.K. *Klimaticheski obuslovlennye izmeneniya rechnogo stoka na ravninakh Severnoi Evrazii v pozdnelednikov'e i golotsene* (Climate-induced changes in surface runoff on the North-Eurasian plains during the Late Glacial and Holocene). *Water Resources*. 2008. Vol.35. No. 4. P. 386–396.
22. Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., and Borisova O.K. *Snizhenie stoka rek ravnin Severnoi Evrazii v optimum golotsena* (River Runoff Decrease in North Eurasian Plains during the Holocene Optimum). *Vodnye resursy*. 2012. Vol. 39. No. 1. P. 69–81.
23. Sidorchuk A., Panin A., and Borisova O. Surface runoff to the Black Sea from the East European Plain during Last Glacial Maximum–Late Glacial time. In: *Buynevich I., Yanko-Hombach V., Gilbert A.S., and Martin R.E.* (Eds.). Geology and Geoarchaeology of the Black Sea Region: Beyond the Flood Hypothesis: Geological Society of America Special Paper 473, 2011. P. 1–25. https://doi.org/10.1130/2011.2473(01)
24. Kislov A.V., Panin A.V., and Toropov P. Current status and palaeostages of the Caspian Sea as a potential evaluation tool for climate model simulations. *Quaternary International*. 345 (2014). P. 48–55. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.014
25. *Geomorfologicheskoe raionirovanie SSSR. M-b 8000000* (Geomorphological zoning of the USSR. Map. Sc. 1:8000000). A.I. Spiridonov (Ed.). Moscow. 1985 (in Russ.)
26. *Geologicheskaya karta dochetvertichnykh otlozhenii Moskovskoi oblasti. Masshtab 1:500000* (Geological map of the Pre-Quaternary deposits of the Moscow Region). Map Sc.1:500000. N.I. Sychkin (Ed.). Moscow: MPR RF (Publ.), 1998. (in Russ.)
27. Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., and Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation. *Quaternary International*. 2016. Vol. 420. P. 4–14.
28. Panin A.V. and Matlakhova E.Yu. *Periodicheskie proyavleniya moshchnogo rechnogo stoka v tsentre Russkoi ravniny v valdaiskuyu kholodnuyu epokhu* (Periodic manifestations of high river runoff in the center of the Russian Plain in the Valdai cold epoch). *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo universiteta*. 2013. No. 370. P. 168–174. (in Russ.)
29. Chernov A.V. and Zavadskii A.S. *Osnovnye zakonomernosti i lokal'nye osobennosti razvitiya rusel malykh i srednikh rek (rezul'taty monitoringovykh nablyudenii)* (Main regularities and local features of the development of small and medium-sized river channels (results of monitoring observations)). *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*. 2020. Vol. 30. No. 2. P. 215–222. (in Russ.)
30. Panin A.V. and Sidorchuk A.Yu. *Makroizluchiny ("bol'shie meandry"): problemy proiskhozhdeniya i interpretatsii* (Macro-bends ("large meanders"): problems of origin and interpretation). *Vestnik Mosk. Un-ta. Seriya 5. Geogr.* 2006. No. 6. P. 14–22. (in Russ.)
31. Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., and Chernov A.V. *Osnovnye etapy formirovaniya poim ravninnykh rek Severnoi Evrazii* (Main stages of formation of floodplains of lowland rivers in Northern Eurasia). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2011. No. 3. P. 20–31 (in Russ.)
32. Panin A.V. *Predvaritel'nye dannye po istorii formirovaniya poimy Moskvy-reki v raione Uspenskogo-RANIS* (Preliminary data on the history of the formation of the floodplain of the Moscow river in the Uspensky-RANIS area). In: *Arkheologiya Podmoskov'ya: Materialy nauchnogo seminara. Vypusk 4* (Materials of the scientific seminar. Vol. 4). Moscow. Institut arheologii RAN (Publ.), 2008. P. 340–343. (in Russ.)
33. Aleksandrovskii A.L. and Panin A.V. *Zakonomernosti formirovaniya poimy reki Moskvy v kontekste ee osvoeniya chelovekom (na primere klyuchevogo uchastka v raione Zvenigorodskoi biostantsii MGU)* (Formation of the Moscow river floodplain in the context of its occupation by man: the MSU Zvenigorod biostation case study). In: *Arheologiya Podmoskov'ya: Materialy nauchnogo seminara. Vypusk 9* (Materials of the scientific seminar. Vol. 9). Moscow. Institut arheologii RAN (Publ.), 2013. P. 249–255. (in Russ.)
34. Chernov A.V. *Dinamika poimenno-ruslovogo kompleksa r. Tarusy pri vysokoi izmenchivosti klimaticheskikh uslovii poslednikh desyatiletii* (Dynamics of the floodplain-riverbed complex river of Tarus with high variability of climatic conditions in recent decades). In: *Sbornik nauchnyh trudov geograficheskogo fakul'teta MPGU* (Collection of scientific works geogr. faculty of MSPU). Moscow. Buki-vedi (Publ.), 2017. P. 135–142 (in Russ.)
35. Sidorchuk A., Borisova O., Chernov A., and Panin A. Three Main Stages of Floodplain Evolution in Northern Eurasia and their Ecological Significance. In: *Environmental Management, Restoration and Ecological Implications. Chapter 4. Nova publishers*. New York. 2013. P. 69–136.
36. Fedonin R.A., Panin A.V., and Siroshtan I.I. *Formirovanie poimy r, Moskvy v raione d. Zakharkovo i ee selitebnoe osvoenie* (Formation of the floodplain Moscow-river in the area of the Zakharkovo village and its occupation by humans). In: *Arkheologiya poimy: rel'ef, paleosreda, istoriya zaseleniya*. (Archeology of the floodplain: relief, paleoenvironment, history of settlement). M.: KDU (Publ.), Universitetskaya kniga (Publ.), 2019. P. 88–91. (in Russ.)
37. Zavadskii A.S., Surkov V.V., Chernov A.V., Botavin D.V., Golovlev P.P., and Samokhin M.A. *Transformatsiya poymennykh landshaftov pod vliyaniyem prirodnykh i antropogennykh izmeneniy okruzhayushchey sredy (na primere Zakharkovskoy poymy r. Moskvy)* (Transformation of floodplain landscapes under the influence of natural and anthropogenic environmental changes (on the example of the Zakharkovskaya floodplain of the Moscow River). *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*. 2021. T. 31. Vyp. 2. P. 166–177. (in Russ.)