

УДК 551.435.1.11

А.В. Панин, А.Ю. Сидорчук

МАКРОИЗЛУЧИНЫ (“БОЛЬШИЕ МЕАНДРЫ”): ПРОБЛЕМЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ¹

История вопроса. Проблема макроизлучин (или “больших меандров”) имеет давнюю историю изучения и обширную библиографию. Уже в работах конца XIX в. описаны многочисленные случаи несоразмерности речных долин и русел: меандровый пояс реки вложен в крупные изгибы дна долины — “долинные меандры” (по современной терминологии — врезанные меандры). Такие реки получили наименование “underfit rivers” — слишком маленькие, несоразмерные долинам. Пример подобной реки — Мёз (Маас) — описан одним из основоположников геоморфологии В.М. Дэвисом: “... течет в хорошо выраженных меандрах по долине, врезанной в окаймляющее ее с обеих сторон коренное плато... На внешней стороне излучин долина ограничена сравнительно крутыми обрывами, тогда как шпоры на внутренней стороне излучин имеют довольно пологие склоны... Очевидно, что эта долина была выработана активной рекой... Однако в настоящее время река уже утратила свою былую энергию. Дно долины теперь, как правило, занято широкими зелеными лугами; вместо свободно отклоняющегося крупного потока здесь течет маломощный Мёз” [6, с. 258].

Уменьшение стока Мааса Дэвис объяснил речными перехватами. К середине прошлого столетия накопились данные о широком географическом распространении подобных явлений, которое невозможно объяснить локальными причинами. В серии работ Г. Дьюри [25, 26 и др.] была развита климатическая теория “долинных меандров”, которая объясняет эти формы ростом водного стока вследствие увеличения общего количества осадков и интенсивности отдельных ливней. В России к тому же времени относятся публикации И.А. Волкова, который обнаружил следы гигантских меандров на дне речных долин юга Западной Сибири и интерпретировал их как свидетельства мощного речного стока в конце последней ледниковой эпохи [4 и др.]. С.В. Лютца [10] описал гигантские палеомеандры в подмосковной Мещере. Исходя из огромных расходов воды, требуемых для их образования, он перенес их датировку на конец среднего плейстоцена, когда по Мещерской низменности осуществлялся отток талых ледниковых вод московской стадии оледенения.

В 1980-е гг. в Великобритании, Испании, Нидерландах, Польше, Франции, Германии, России появился ряд исследовательских групп, занимающихся изучением позднеплейстоцен-голоценовой истории речных долин. С 1991 г. их усилия объединены в

рамках Комиссии ИНКВА по глобальной палеогидрологии континентов (GLOCOPH). В результате за три последних десятилетия был выполнен большой объем исследований, проведены крупные международные конференции по флювиальной геоморфологии и палеогидрологии рек, выпущены сотни публикаций. В англоязычной литературе с конца 1970-х гг. вместо не вполне точного термина “долинные меандры” утвердился термин “большие меандры” (big meanders, large meanders). В речных долинах внеледниковых районов Западной Европы выявлено широкое развитие больших меандров. Установлен их возраст — преимущественно бёллинг-аллерёд (11—13 тыс. л.н. по ¹⁴C); проведена палеогидрологическая и палеоклиматическая интерпретация этих форм: они свидетельствуют о многократном возрастании руслоформирующих расходов воды в реках вследствие роста годового количества осадков и проявления экстремальных погодных явлений — летних ливней, большого снегонакопления зимой [33, 35 и др.].

В русскоязычных публикациях аналогом термина “большие меандры” является термин “макроизлучины”, предложенный в работе [11] для обозначения крупных излучин русла, образование и развитие которых не связано с процессом современного меандрирования. Поскольку шаг речных излучин L колеблется обычно в пределах 5–10 величин ширины русла B_p в бровках поймы [22, 23 и др.], в качестве формального критерия для отнесения изгиба русла к макроизлучинам можно принять относительную величину шага $L/B_p > 10$ [23]. С начала 1990-х гг. авторы статьи проводят систематическое изучение макроизлучин в долинах рек Восточно-Европейской равнины.

Анализ крупномасштабных топографических карт и космоснимков показал, что макроизлучины распространены повсеместно, за исключением области поздневалдайского оледенения и современной тундровой зоны, в том числе в бассейнах, расположение которых исключает приток талых ледниковых вод в валдайское время, например в бассейнах Дона, левобережья среднего Днепра, средней Волги [14, 30, 31]. Из этого можно заключить, что водное питание рек, создавших макроизлучины, происходило за счет атмосферных осадков. В пользу такого заключения говорит также наличие прямой зависимости параметров макроизлучин — ширины палеорусел, шага палеомеандров — от водосборной площади [14, 23]. Размеры макроизлучин обнаруживают также черты зональности: в лесотундровой зоне они превышают современ-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 03–05–64021).

ные значения в 2—3 раза, в тайге — в 3—5 раз, в зоне широколиственных лесов — до 10 раз, в лесостепи и степи — в 10—15 раз (рис. 1, А) [19, 20]. На ряде ключевых участков детально изучены фрагменты макроизлучин-староречий: их положение в рельефе, геологическое строение. Получены радиоуглеродные датировки аллювия из основания заполнения больших палеорусел, дающие нижнюю оценку времени отмирания макроизлучин. В разных долинах оно приходится на период 11—14 тыс. радиоуглеродных л.н. (табл. 1).

Несмотря на большой объем проведенных исследований, вопросы происхождения и интерпретации больших меандров (макроизлучин) служили и служат предметом полемики. Крупная дискуссия по проблеме “долинных меандров” прошла в 1971—1973 гг. на страницах журнала “Агеа”. В ходе этой дискуссии предлагались альтернативные росту осадков источники увеличения речного стока, например таяние ледниковых щитов [24]. Выдвигались также механизмы происхождения больших меандров, не требующие существенного увеличения стока: влияние литологии берегов [28]; действие экстремальных расходов воды редкой повторяемости [34]; существование в галечно-валунных руслах со скальными берегами особого режима “неаллювиальных меандров”, когда высокие уклоны русла и водоносность реки благоприятствуют развитию разветвленного русла, но такой тип русла формироваться не может из-за слишком большой крупности наносов и прочности берегов [29]. Еще раньше выдвигалось предположение о нефлювиальном происхождении макроизлучин: предполагалось, что они созданы действием приливно-отливных течений в эстуариях, осушенных и занятых реками вследствие опускания уровня моря [27]. Свидетельством того, что общепринятые взгляды на механизм образования макроизлучин не сложились до настоящего времени, можно считать недавнее появление двух новых гипотез. Одна из них предполагает, что ложбины—макроизлучины на поймах рек центра Восточно-Европейской равнины являются погребенными долинными врезами микулинского (начало позднего плейстоцена) возраста [16]. Вторая гипотеза рассматривает макроизлучины в долинах левобережных притоков среднего Днепра как древние русла, сформированные в голоцене тальми водами ледника, покрывавшего Среднерусскую возвышенность [12].

Таким образом, можно говорить о существовании научной проблемы — проблемы макроизлучин, объединяющей три группы вопросов.

1. Геоморфологические аспекты: каковы возраст и механизм образования широких меандроподобных ложбин на дне речных долин, многократно превышающих размеры современных речных русел? Если эти формы действительно являются реликтами эпохи повышенного стока, как и предполагают авторы, возникают другие аспекты проблемы.

2. Гидрологические аспекты: каковы характеристики речного стока (гидрологический режим, годовая

Таблица 1

Радиоуглеродные даты по основанию старичного заполнения больших палеорусел (макроизлучин)

Река, пункт	Глубина от поверхности, м	Дата	Индекс
Протва, г. Боровск	5,8	13 200±120	Ki-7316
	4,7	12 700±110	Ki-7312
Сейм, дер. Кудинцево	7,0	13 800±85	Ki-6984
	4,6	12 630±70	Ki-6985
Свапа, дер. Семеновка	5,6	14 030±70	Ki-6997
	4,0	12 360±110	Ki-6999
Хопер, с. Пёски	8,3	11 325±120	Ki-7680
	8,8	11 030±110	Ki-7690
	10,8	10 770±120	Ki-7682

величина стока и характерные расходы воды), создавшего такие формы русла?

3. Палеогеографические аспекты: каковы ландшафтно-климатические условия, обеспечившие необходимые параметры стока? Соответствуют ли они реконструкциям природных условий другими методами? Как мощный речной сток увязывается с другими событиями и явлениями эпохи позднего валдая (изменениями уровней бессточных водоемов, расселением древнего человека в речных долинах и т.д.)?

Механизм образования и возраст макроизлучин (геоморфологические аспекты проблемы)

Можно выделить два морфологических типа макроизлучин — *реликтовые*, выраженные в виде гигантских палеорусел (древних русел, староречий) среди широкой поймы или низких речных террас (рис. 1, А), и *унаследованные* современным руслом (рис. 1, Б). Современное русло, следуя крупным изгибам, может оставаться однорукавным (это возможно на врезанных макроизлучинах, где современное русло ограничено высокими берегами) или меандрировать (один из возможных вариантов формирования изгибов пояса меандрирования).

Материалом для палеогидрологических реконструкций и предметом изучения авторов являются реликтовые макроизлучины-староречья. Их размеры могут на порядок превышать размеры русла современной реки, однако как по морфологии, так и по геологическому строению эти образования не отличаются от обычных речных староречий. Бурение по профилям поперек гигантских палеорусел обнаруживает глубокое понижение русловой фации аллювия (песок, песок с гравием и галькой), заполненное тонкозернистым материалом старичной фации (глина, тяжелый и средний суглинок) (рис. 1). Границы тонкозернистого заполнения хорошо совпадают с границами палеорусла, выделенными по рельефу или аэрофотоснимку.

Макроизлучины-староречья обладают морфологическими признаками обычных речных излучин, указывающими на активные русловые переформирования по типу меандрирования — постепенное ис-

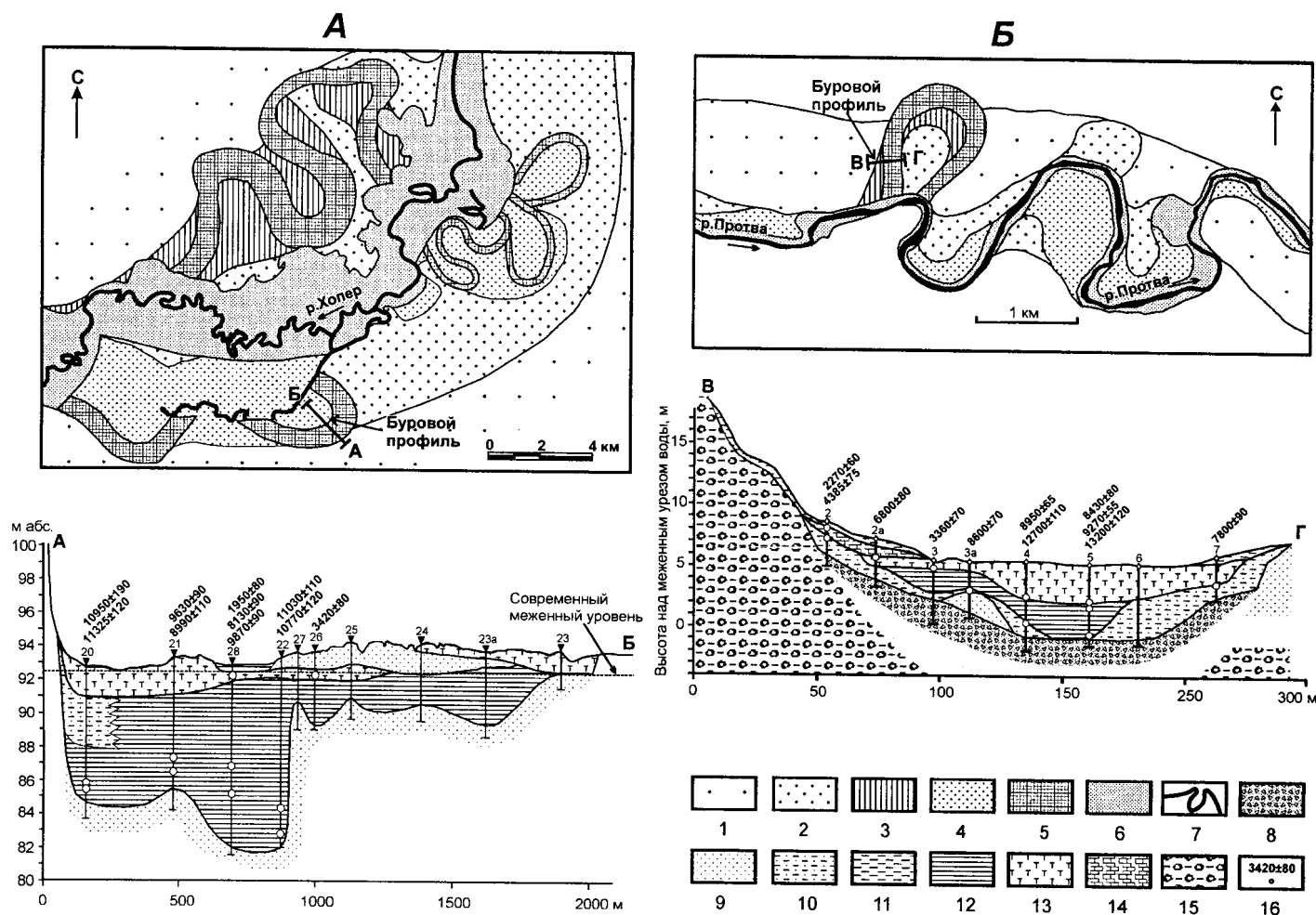


Рис. 1. Морфология и геологическое строение макроизлучин: А — реликтовые макроизлучины в долине р. Хопер у с. Пёски; Б — макроизлучины, унаследованные современным руслом, и реликтовая макроизлучина в долине р. Протвы; 1 — долинные зандры и высокие террасы; 2 — поздневалдайская («первая») терраса; 3 — побочни и другие аккумулятивные элементы поздневалдайских палеорусел, в настоящее время незатапливаемые («промежуточная терраса»); 4 — пойма, созданная в поздневалдайских палеорусел, в настоящее время незатапливаемая («унаследованная пойма»); 5 — поздневалдайские палеорусла; 6 — пойма, созданная при миграциях реки в голоцене; 7 — современное русло реки и голоценовые староречья; 8 — гравий со щебнем; 9 — песок; 10 — супесь; 11 — суглинок; 12 — глина; 13 — торф; 14 — травертин; 15 — валунный суглинок (среднечетвертичная морена); 16 — радиоуглеродные датировки и места отбора образцов

кривление путем подмыва вогнутого и наращивания выпуклого берега. У выпуклых берегов палеорусел-макроизлучин часто различаются соответствующего размера побочни с направленными вниз по течению косами и затонами (рис. 2). В шпорах (внутренних частях) макроизлучин часто различимы веера грав, сопровождающих искривление обычных речных излучин и представляющих, как показано в [21], гребни последовательно причленявшихся побочней. Широко распространены макроизлучины петлеобразной формы со сближенными верхним и нижним крыльями, что указывает на спрямление путем бокового прорыва. На одном поперечнике долины нередко присутствует несколько таких форм, формировавшихся и спрямлявшихся последовательно (рис. 3). Из этого следует, что формирование макроизлучин не было одноактным событием катастрофической природы, а происходило в течение длительного периода времени (тысячелетия).

В некоторых долинах макроизлучины встречаются на всем протяжении рек, в других случаях они

распространены нерегулярно, на некоторых участках следы гигантских излучин не обнаружены. Это не противоречит существующим представлениям о природе меандрирования. На меандрирующих реках часто встречаются участки, где вследствие локальных причин излучины не развиваются. Вот как выглядит, например, русло р. Сейм на одном из участков среднего течения (рис. 4): между двумя отрезками русла, образующими хорошо развитые излучины, расположен отрезок относительно прямолинейного русла. Часть его находится в сужении поймы, и отсутствие излучин здесь можно объяснить повышенной удельной мощностью потока и большой скоростью течения во время половодья. По-видимому, влияние сужения на гидравлические характеристики потока распространяется и несколько ниже по течению, захватывая начало участка расширения поймы. В других случаях отсутствие излучин можно связать с конфигурацией и литологией коренных берегов или с эффектом «прилипания» к высокому берегу [22] или иными причинами, не всегда ясными. В любом слу-

чае нерегулярное присутствие меандров можно считать вполне типичным явлением. Поэтому неудивительно, что и древние меандры могли обладать нерегулярным расположением — формироваться на одних отрезках долины и отсутствовать на других.

Условия для меандрирования существуют не повсеместно, часть рек или участков рек формируют иной морфологический тип русла, например, разветвляются на рукава. Анализ палеоруслового рельефа показывает, что наиболее крупные реки (Ока, Волга, Дон, Днепр и др.) в поздневалдайскую эпоху повышенного стока имели относительно прямолинейное русло, разветвленное на рукава. На некоторых участках такой тип русла был характерен и для менее крупных рек, особенно в верховьях и в сужениях долин, на участках с галечно-валунным составом аллювия, для которых характерны повышенные уклоны. Пример — средняя Протва, где на участке в районе дер. Сатино макроизлучины, по-видимому, не образовывались. При галечно-щебнистом составе аллювия и высоких уклонах рост стока привел к формированию разветвленного русла. Реликтом такого русла — древним островом — является, по-видимому, фрагмент 8-метровой террасы, на которой расположено кладбище дер. Рыжково. Остальные морфологические следы этого русла были уничтожены в ходе блужданий р. Протвы в голоцене.

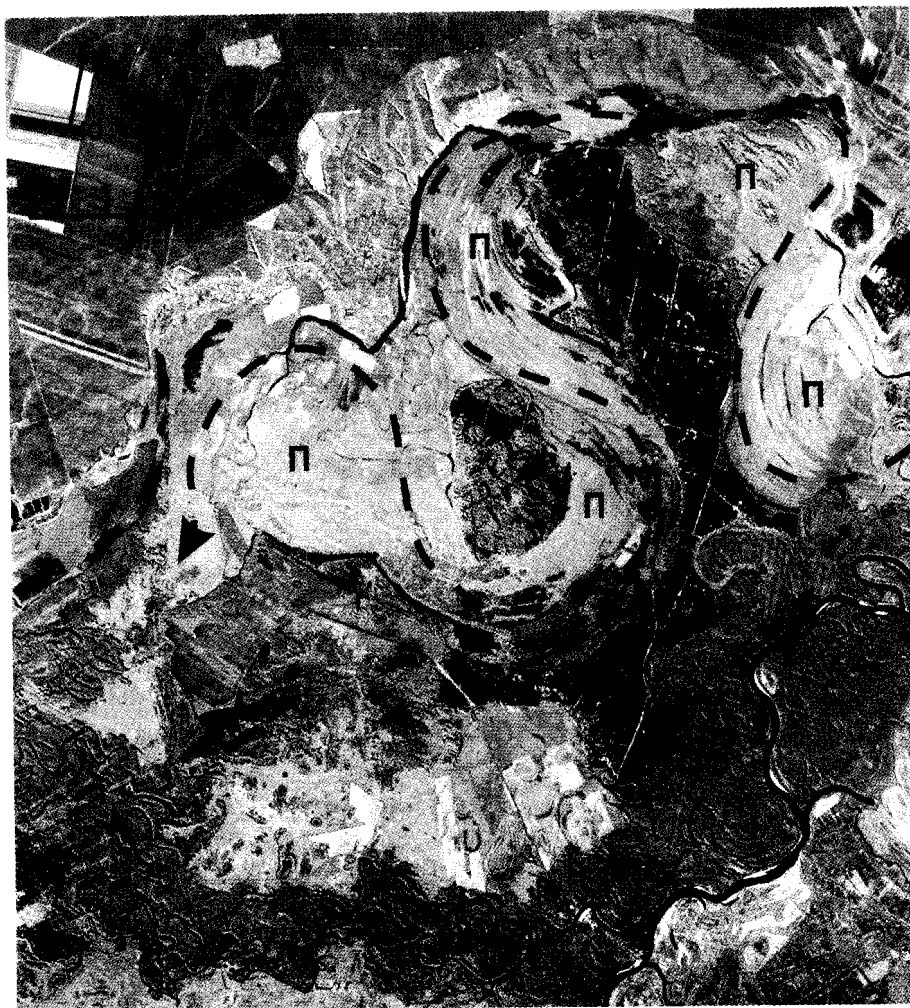


Рис. 2. Древний русловый рельеф на макроизлучинах р. Хопер в районе с. Пёски (космоснимок из архива Сокопа). Пунктирная линия показывает ось древнего потока (Прахопра), сформировавшего макроизлучины. Буква "П" стоит в центральной части древних побочней, формировавшихся на выпуклых берегах макроизлучин. Наиболее темный цвет — 10–15-метровая песчаная терраса, в которую врезаны макроизлучины. Темная извилистая полоска в нижней части снимка — современное русло р. Хопер

Ниже по течению стеснение русла коренными берегами при пересечении Боровского поднятия спо-

собствовало меандрированию. В отличие от реки современной мощная река периода позднеледникового была способна эродировать коренные берега. В черте г. Боровска одна из макроизлучин была спрямлена путем бокового размыва основания шпоры еще на этапе повышенного стока и перешла в реликтовое состояние — староречье (рис. 1, Б). Данные бурения и радиоуглеродного датирования показывают, что это произошло около 13 тыс. л.н. Современное русло реки в этом месте

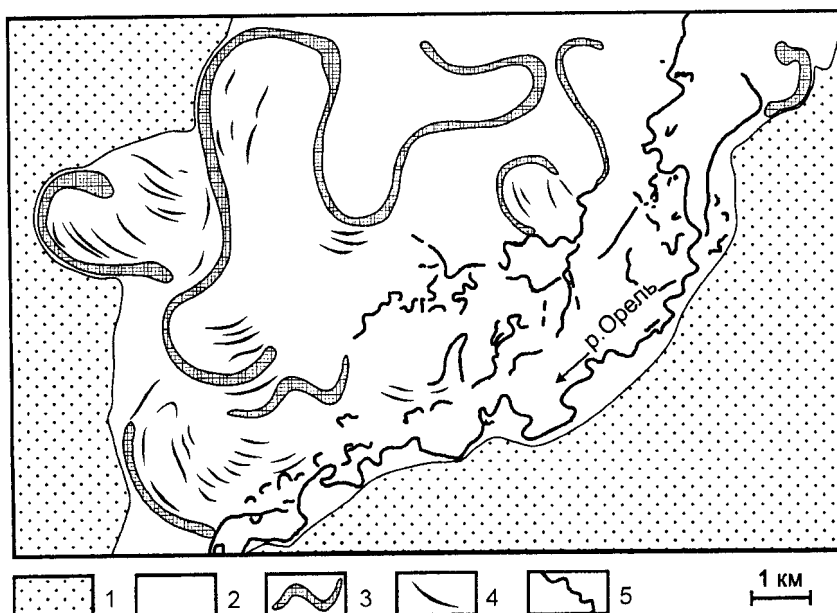


Рис. 3. Разновозрастные генерации макроизлучин (р. Орель, левый приток Днепра): 1 — низкая ("первая") терраса поздневалдайского возраста; 2 — пойма (позднеледниковье—голоцен); 3 — палеорусла—макроизлучины; 4 — пойменные гряды; 5 — современное русло и голоценовые староречья

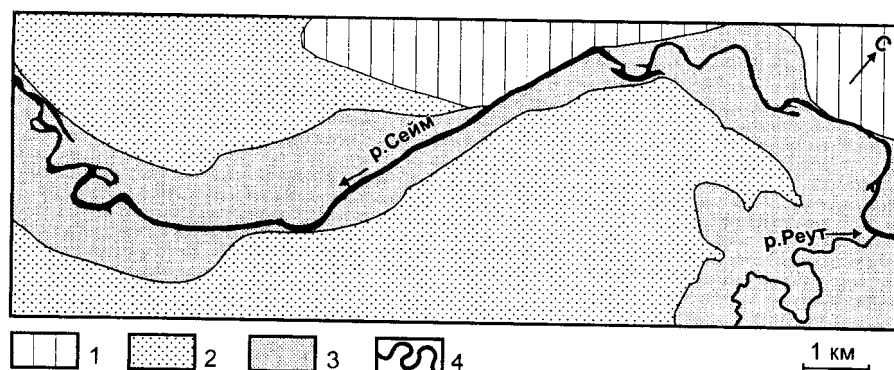


Рис. 4. Нерегулярность распространения современных речных излучин (р. Сейм ниже впадения р. Реута): 1 — междуречье и коренные склоны долины; 2 — низкие террасы валдайского возраста; 3 — пойма; 4 — русло реки

прямолинейное. Ниже г. Боровска макроизлучины присутствуют в другом морфологическом виде: они унаследованы современным руслом, которое образует крупные изгибы с сегментами низких террас и поймы (рис. 1, Б).

Широкое распространение макроизлучин и регу-

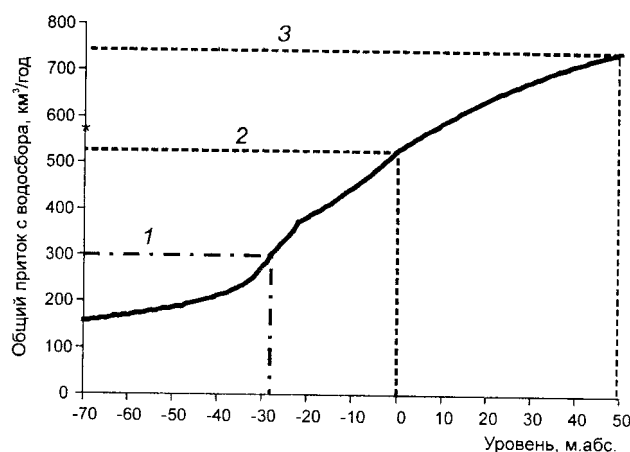


Рис. 5. Суммарный приток в Каспий, необходимый для поддержания уровня на разных отметках при современном значении видимого испарения: 1 — современный сток в Каспий и соответствующий ему уровень; 2, 3 — суммарный сток в Каспий в максимумы поздней и ранневалдайской трансгрессии; звездочка — реконструированный сток Волги в эпоху макроизлучин

лярность их присутствия в речных долинах на большей части Восточно-Европейской равнины позволяет выделять в истории долин *этап формирования макроизлучин*. Актуальную задачу представляет датировка этого этапа, выяснение его син- или метакронности в разных регионах. О времени образования макроизлучин свидетельствуют их геоморфологическое положение (пойма и низкие террасы) и датировки аллювия. Формирование макроизлучин закончилось до начала голоцена, так как основание заполнения этих форм по радиоуглеродным датировкам имеет возраст 11–14 тыс. лет (табл. 1), а раннеголоценовые излучины уже имеют размеры, близкие современным. С другой стороны, геоморфологические данные свидетельствуют, что формирование макроизлучин началось в ходе врезания рек в низкую (“первую”) террасу [13 и др.], которая имеет валдайский (конец позднего плейсто-

цена) возраст. Окончание формирования этой террасы обычно коррелирует с максимумом последнего оледенения (18–20 тыс. л.н. по ^{14}C), однако следует отметить, что это основывается на климатостратиграфических соображениях, а не на абсолютных датировках аллювия. В связи с этим трудно объяснить присутствие в речных долинах на уровне современной поймы позднепалеолитических стоянок, датируемых по радиоуглероду временем 20–23 тыс. л.н., — Авдеево на Сейме [9], Костенки-21 на верхнем Дону [17].

Таким образом, макроизлучины представляют обычные излучины рек, сформированные в эпоху позднеледниковья, когда реки были более многоводными, чем сейчас. Количественная оценка палеорасходов и стока воды представляет самостоятельную задачу.

Реконструкция стока воды по параметрам макроизлучин (гидрологические аспекты проблемы)

О динамических характеристиках потоков, создавших макроизлучины, можно судить по крупности транспортировавшихся донных наносов — аллювия русловой фации. На р. Протве в районе Боровска дно макроизлучины, а также дно современного русла выстлано мелко-среднегалечным русловым аллювием. На Сейме русловая фация современного, голоценового и поздневалдайского аллювия — песок с преобладанием мелкопесчаной фракции (0,1–0,25 мм); статистически значимые различия в крупности разновозрастного аллювия не обнаружены [13]. Следовательно, скорости течения рек в фазу половодья, когда происходит транспорт руслообразующих наносов, в поздневалдайское время существенно не отличались от современных. Многоводности потока, создавшего макроизлучины, это не противоречит. Напротив, между крупностью донных наносов, транспортируемых реками, и водоносностью рек связь в общем случае обратная, поскольку при выработанном продольном профиле с ростом водоносности реки снижаются уклон и скорость течения.

Для оценки палеорасходов воды в реках применяются два подхода.

1. Гидравлический подход — использование известной формулы Шези

$$Q = W \cdot V, \quad V = n^{-1} H^{1/6} (I \cdot H)^{0.5}, \quad (1)$$

где Q — расход воды, W — площадь живого сечения, V — средняя скорость, n — коэффициент шероховатости, H — средняя глубина, I — гидравлический уклон.

Морфометрические параметры палеорусла определяются по данным бурения. В качестве гидравлического уклона берется уклон современной поверхности палеорусла. Расход воды можно определить для

разных уровней наполнения русла, но повторяемость этих уровней неизвестна. Поэтому без дополнительных гипотез о характере гидрологического режима определить статистические характеристики палеостока и сравнить их с современными невозможно.

2. Гидролого-морфологический подход использует эмпирические связи между параметрами стока и размерами русла — его шириной B , шагом излучин L . Для реконструкции годового стока необходимо учесть вероятные изменения гидрологического режима, в частности межсезонную неравномерность стока. Для этого была разработана специальная методика [20], суть которой состоит в следующем.

По гидрометрическим и картографическим данным получена эмпирическая связь среднегодового расхода воды Q_{cp} с шириной русла в бровках поймы B :

$$Q_{cp} = k B^{1,36}. \quad (2)$$

Коэффициент k определяется внутригодовой изменчивостью стока. Для него получена эмпирическая зависимость

$$k = 0,012 y^{0,73}, \quad (3)$$

где $y = 100 (Q_{cp}/Q_m)$. Внутригодовая

неравномерность стока определяется размером бассейна и ландшафтно-климатическими условиями и для Европейской России описывается эмпирической зависимостью

$$y = a F^{0,125}, \quad (4)$$

где a — коэффициент, учитывающий ландшафтно-климатическую обстановку. Его значения в тундровой зоне составляют 1,5–2,0, в тайге — 2,5–3,5, в широколиственных лесах и лесостепи — 1,5–2,5. Экстраполяция процедуры (2)–(4) в интересующую эпоху прошлого производится на основе принципа палеогеографической аналогии [32]: коэффициент a определяется по современному ландшафтному аналогу изучаемого бассейна, который подбирается исходя из палеораствительности, реконструированной по палинологическим данным, и прочим палеогеографическим признакам (тип палеопочв, наличие палеокриогенеза и т.п.). Второй параметр, необходимый для расчета, — средняя ширина речных русел в палеоэпоху. Она измеряется по палеоруслу соответствующего возраста, сохранившимся в виде староречий на пойме.

Параметры реликтовых макроизлучин измерены на 60 участках рек европейской части России, где палеорула имеют хорошую сохранность. Для этих

участков рассчитаны среднегодовые расходы воды и слой стока для периода формирования макроизлучин. Это позволило оценить объем стока основных речных бассейнов (табл. 2). Общий сток с европейской территории России превышал современный в 2 раза, а в степных и лесостепных районах (бассейны Оки, Дона) — более чем в 3,5 раза.

Таблица 2

Годовой объем стока поздневалдайских рек Восточно-Европейской равнины (по [20], с изменениями и дополнениями)

Речной бассейн	Современные характеристики		Поздний валдай (реконструкция)		Q_v/Q_c
	площадь водосбора, тыс. км ²	сток, Q_c , км ³ /год	площадь водосбора, тыс. км ²	сток, Q_v , км ³ /год	
Северная Двина	357	110	260*	115	1,05
Мезень	78	28	78	45	1,6
Печора	322	126	322	220	1,7
Дон	422	29	422	110	3,8
Верхняя Волга (без Оки)	234	42	173*	93	2,2
Ока	245	41	245	147	3,6
Кама	507	119	507	260	2,2
Волга ниже Оки (без Камы)	374	52	374	85	1,6
Сумма по всем бассейнам	2539	547	2381	1075	2,0
р. Волга (Волгоград)	1360	254	1299	585	2,3

* Водосборные площади Северной Двины оценены по данным работы [3], верхней Волги — по [7].

Палеоклиматические условия формирования макроизлучин (палеогеографические аспекты проблемы)

Один из дискуссионных вопросов в проблеме макроизлучин — противоречие между морфологическими следами и реконструкциями высоких значений речного стока и сложившимися представлениями о климатических условиях конца валдая. На основании палинологических данных время после максимума поздневалдайского оледенения уже в начале 1960-х гг. охарактеризовано как криоксеротическое, т.е. холодное и сухое [5]. Обоснованием этого служит своеобразный характер растительных сообществ, реконструируемых на обширных пространствах Восточно-Европейской равнины и Сибири, — сочетание холодовыносливых тундровых и сухолюбивых степных видов (“тундростепи”, или перигляциальные степи).

Авторы полагают, что высокий речной сток не противоречит криоксеротическому характеру климата. Засушливость климата и речной сток имели ярко выраженный сезонный характер, причем проявлялись в разные сезоны года. Летний период, когда происходит вегетация растений, был засушливым, что и отражено в ископаемых палиноспектрах. Однако это не исключает присутствия больших масс воды в ландшафте (в виде снега и лишь короткое время — в жидком виде) в другие сезоны. Эти массы воды не

влияли на летнее развитие растений, но оставили отчетливые следы в морфологии путей стока — долино-балочной сети.

В современных условиях (до начала 1990-х гг.) в центре Восточно-Европейской равнины до 60–70% речного стока проходило в период весеннего половодья. В позднеледниковье эта величина была еще больше. При наличии многолетней или глубокой сезонной мерзлоты талая вода без остатка скатывалась в реки, не имея возможности пополнять запасы грунтовых вод и хотя бы косвенно влиять на летние условия водного питания растений. Влагонасыщение сезонного слоя определялось только летними осадками. При летних температурах, которые были лишь немного ниже современных, количество летних осадков было невелико, что и определяло засушливые условия вегетационного периода.

Низкий летне-меженный сток на годовом объеме стока сказывался незначительно, но за счет роста объемов половодий годовое количество стока сильно возрастало. Большой объем стока и высокие расходы воды речных половодий обеспечивались следующими ландшафтно-климатическими характеристиками: 1) существованием многолетней мерзлоты, что обусловило высокие значения коэффициента стока и скорости стекания воды; 2) более значительными, чем сейчас, величинами зимнего снегонакопления за счет увеличения доли твердых осадков в условиях более продолжительного зимнего сезона, а возможно, и за счет абсолютного роста зимних осадков — увеличения снежности зим; 3) дружным характером весеннего снеготаяния вследствие сдвига его календарных сроков в сторону больших величин инсоляции (и в целом большей инсоляции в Северном полушарии в позднеледниковье). В связи с этим нельзя не упомянуть о модели климата ледниковых эпох, предложенной А.А. Асеевым [1]. В этой модели для позднеледниковья предполагается значительный рост количества зимних осадков, что хорошо увязывается с данными о высоком стоке рек.

В современных условиях полного гидрологического аналога позднеледниковым рекам, по-видимому, не существует, как не существует и аналога тундростепной растительности. Наиболее близкими к позднеледниковым по внутригодовому распределению стока можно считать современные реки Центральной Якутии. Например, на среднем Вилюе (до зарегулирования) и его притоках различие максимальных и минимальных расходов воды в течение года достигает 100 раз и более, а доля половодья в годовом стоке воды в отдельные годы достигает 90%.

Высокий речной сток в позднеледниковье представляет закономерный компонент общей картины водного баланса Восточно-Европейской равнины в позднем валдае, которая в интегрированном виде выражена уровнем Каспийского моря. Общеизвестно, что максимуму позднеледниковского похолодания отвечает трансгрессивное состояние Каспия (рис. 5), но сама высота уровня моря является предметом дискуссии. Одни исследователи относят к этому времени пик позднеледниковской трансгрессии с уровнем около нулевой отметки [15 и др.], другие — раннеледников-

скую трансгрессию с уровнем 48–50 м абс. [18 и др.]. При расчете стока, требуемого для поддержания уровня на этих отметках, необходимо знать эффективное испарение на акватории моря — разницу между испарением E и количеством осадков P .

Согласно оценкам по моделям общей циркуляции атмосферы, величина $(E-P)$ на акватории Каспия в максимум позднеледниковской ледниковой эпохи не отличалась от современной [8]. Если исходить из современной величины $(E-P) = 800$ мм/год, для поддержания уровня моря на отметке 0 м абс. суммарный сток в Каспий должен составлять 530 км³/год, на отметке +50 м абс. — 740 км³/год (рис. 5). Кроме бассейна Волги, в бассейнах других рек, впадавших в позднеледниковский Каспий, следов повышенного стока не зафиксировано. Если принять суммарный сток этих рек в Каспий равным современному (60 км³/год), то сток Волги должен был составлять 470 и 680 км³/год соответственно (в последнем случае — до начала стока по Маньчжу, который, согласно [7], привел к быстрому снижению уровня водоема до отметки +22 м). Оценка стока Волги по параметрам макроизлучин — 585 км³/год (табл. 2) — отличается от полученных по водному балансу не более чем на 20%. С учетом независимости методов реконструкции такую сходимость можно признать удовлетворительной. В дальнейшем оценки речного стока необходимо уточнять, но уже сейчас с уверенностью можно говорить, что объяснение позднеледниковских колебаний уровня Каспия не требует привлечения значительных объемов талых ледниковых и подпрудных вод, как это предполагается некоторыми исследователями [2, 7 и др.].

Заключение. Выполненные исследования позволяют авторам в общих чертах присоединиться к климатической теории макроизлучин (больших меандров) Дьюри—Волкова. В конце последней ледниковой эпохи сток рек целого ряда регионов перигляциального пояса Северного полушария (Восточно-Европейская равнина, Западная Сибирь, Центральная и Западная Европа, Северная Америка) значительно превышал современный. Причины этого увеличения были климатическими, талые ледниковые воды в нем значительной роли не играли. Годовой сток с территории Восточно-Европейской равнины превышал современный примерно в 2 раза, максимальные расходы воды в период весеннего половодья — в 5–6 раз и более. Речные русла были значительно шире современных и поэтому формировали более крупные меандры. Падение мощности половодий, которое произошло в интервале 11–10 тыс. л.н. по ¹⁴C (поздний дриас), привело к изменению морфологии речных русел — уменьшению их ширины и размеров излучин. Меандры предыдущей многоводной эпохи (макроизлучины) частью были уничтожены при развитии речных русел в голоцене, но во многих случаях сохранились в морфологии речных долин в виде реликтовых образований — гигантских староречий или унаследованных изгибов современного русла.

В проблеме макроизлучин остается немало слабо разработанных вопросов, решение которых внесло бы существенный вклад в целый ряд дискуссионных проб-

лем палеогеографии. Одной из главных проблем является уточнение хронологии формирования макроизлучин и на этой основе — временной структуры этапа повышенного стока: когда он начался и был ли он единым или разделялся на отдельные многоводные эпохи, чередовавшиеся с эпохами маловодными. Из-за малочисленности данных абсолютной хронологии

пока используется допущение, что макроизлучины во всех долинах одновозрастны. Ответы на эти и другие вопросы требуют усилий большого числа исследователей разного профиля — геоморфологов, специалистов по русловедению, гидрологов, палеогеографов, мерзловедов, археологов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асеев А.А. Древние материковые оледенения Европы. М., 1974.
2. Бабкин А.Н. Увлажнение областей внутреннего стока Евразии (на примере бассейнов Аральского моря, Каспийского моря и озера Балхаш): Автореф. докт. дис. СПб., 2005.
3. Вальчик М.А., Маккавеев А.Н., Фаустова М.А., Шупричинский Я. Формирование гидросети Польши и европейской части России в процессе дегляциации // Палеогеографическая основа современных ландшафтов / Ред. А.А. Величко, Л. Старкель. М., 1994.
4. Волков И.А. Следы мощного стока в долинах юга Западной Сибири // Докл. АН СССР. 1963. Т. 151. № 3.
5. Гричук В.П., Гричук М.П. О приледниковой растительности на территории СССР // Перигляциальные явления на территории СССР. М., 1960.
6. Дэвис В.М. Сена, Мёз и Мозель // Геоморфологические очерки. М., 1962.
7. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л., 1975.
8. Кислов А.В., Суркова Г.В. Колебания видимого испарения с акватории Каспийского моря и изменения его уровня в голоцене и позднем плейстоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1996. № 2.
9. Кренке Н.А., Сулержицкий Л.Д. Археология и реальная точность радиоуглеродного метода // Геохронология четвертичного периода. М., 1992.
10. Лютцау С.В. Флювиальные формы рельефа Мещеры как показатель изменений гидрологического режима и водности рек во времени // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1968. № 3.
11. Матвеев Б.В. Влияние геолого-геоморфологических факторов на образование и морфологию речных излучин // Геоморфология. 1985. № 3.
12. Пазинич В.Г. Подніпров'я в перигляціалі. Частина перша. Зміни водності річок // Супутник Київського географічного щорічника. Вип. 2. Київ, 2004.
13. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Баслеров С.В. и др. Основные этапы истории речных долин центра Русской равнины в позднем валдае и голоцене: результаты исследований в среднем течении р. Сейм // Геоморфология. 2001. № 2.
14. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Макроизлучины рек ЕТС и проблемы палеогидрологических реконструкций // Вод. ресурсы. 1992. № 4.
15. Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М., 1997.
16. Рычагов Г.И. Макроизлучины в долинах рек: геоморфологический феномен // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 5.
17. Праслов Н.Д., Иванова М.А. Костенки 21 (Гмелинская стоянка) // Палеолит Костенковско-Боршевского района на Дону. 1879—1979. Некоторые итоги полевых исследований / Под ред. Н.Д. Праслова, А.Н. Рогачева. Л., 1982.
18. Свиточ А.А. Уровненный режим Каспийского моря по палеогеографическим данным // Вод. ресурсы. 1997. Т. 24. № 1.
19. Сидорчук А.Ю., Борисова О.К., Панин А.В. Поздневалдайские палеорусла рек Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 6. С. 73—78.
20. Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Чернов А.В. и др. 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., 2000.
21. Чалов Р.С. Формирование рельефа пойм меандрирующих рек // Геоморфология. 1973. № 2.
22. Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В. и др. Морфодинамика русел равнинных рек. М., 1998.
23. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М., 2004.
24. Cogley J.G. On runoff at the time of deglaciation // Area. 1973. Vol. 5. N 1.
25. Dury G.H. Contribution to a general theory of meandering valleys // Amer. J. Sci. 1954. Vol. 252. N 4.
26. Dury G.H. General theory of meandering valleys // US Geol. Surv. 1964. Prof. Pap. 452-A, B.
27. Geyl W.F. Tidal stream action and sea level change as one cause of valley meanders and underfit streams // Austral. Geograph. Stud. 1968. N 6.
28. Kennedy B.A. "Bankful" discharge and meander forms // Area. 1972. Vol. 4. N 3.
29. Kirkby M. Alluvial and non-alluvial meanders // Ibid. 1972. Vol. 4. N 4.
30. Panin A.V., Sidorchuk A.Ju., Chernov A.V. Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain // Floodplains: Interdisciplinary Approaches. Geol. Soc. Spec. Pub. 1999.
31. Sidorchuk A., Panin A., Borisova O. The Lateglacial and Holocene palaeohydrology of Northern Eurasia // Palaeohydrology: Understanding Global Change / Eds. K.J. Gregory, G. Benito. L., 2003.
32. Sidorchuk A.Yu., Borisova O.K. Method of paleogeographical analogues in paleohydrological reconstructions // Quaternary Intern. 2000. Vol. 72. N 1.
33. Starkel L. Palaeohydrology of Central Europe // Palaeohydrology: Understanding Global Change / Eds. K.J. Gregory, G. Benito. L., 2003.
34. Tinkler K.J. Active valley meanders // Area. 1973. N 5.
35. Vandenberghe J. Postglacial river activity and climate: state of art and future prospects // Palaeoclimate Res. 1995. Vol. 14.

Кафедра геоморфологии и палеогеографии,
лаборатория эрозии почв и русловых процессов

Поступила в редакцию
29.12.2005

A.V. Panin, A.Yu. Sidorchuk

**MACROMEANDERS ("LARGE MEANDERS"): PROBLEMS OF ORIGIN
AND INTERPRETATION**

The article deals with the geomorphologic and palaeogeographical aspects of the phenomenon of giant meanders which occur widely in river valleys of the temperate belt. The history of macromeanders ("valley meanders" or "large meanders") problem is discussed in brief. It has been shown that large curved depressions within river floodplains and low terraces are the ancient river channels formed about 11 000—14 000 years ago and even earlier (according to the radiocarbon dating scale) as a result of greater spring floods. The results of the reconstruction of river discharge values basing on the size of macromeanders are presented. During the Late Valdai epoch the river discharge from the European territory of Russia was two times the present-day one. The reconstructed value of the annual Volga River discharge (585 km³) correlates well with its water balance estimated for the maximum of the Late-Valdai transgression under quasi-current value of real evaporation, i.e. 470 or 680 km³/year, according to different scenarios.