

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

Научная статья

УДК 551.435.1:4.01:001.4

doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-100-115

**МЕАНДРИРОВАНИЕ РУСЛА И ФОРМИРОВАНИЕ РАЗВЕТВЛЕНИЙ
НА НИЖНЕМ ИРТЫШЕ (ОТ Г. ОМСКА ДО СЛИЯНИЯ С Р. ТОБОЛ)****Роман Сергеевич Чалов¹, Анна Александровна Куракова^{2✉}, Александр Сергеевич Завадский³, Арсений Андреевич Камышев⁴**^{1,2,3,4} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия¹ rschalov@mail.ru, Scopus Author ID: 7003283104, ResearcherID: L-8754-2015, IstinaresearcherID (IRID): 429329, РИНЦ AuthorID: 58839² a.a.kurakova@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0003-0234-6454, IstinaresearcherID (IRID): 92234587, РИНЦ AuthorID: 1037958³ az200611@rambler.ru, ResearcherID: M-3089-2015, IstinaresearcherID (IRID): 1078849, РИНЦ AuthorID: 62589⁴ arsenii.kamyshev@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9081-8006, IstinaresearcherID (IRID): 10840144, РИНЦ AuthorID: 1127542

Аннотация. Впервые для Нижнего Иртыша (от г. Омска до слияния с р. Тобол) дается характеристика условий формирования русла, особенностей формирования его излучин и разветвлений на различных структурных уровнях. Геолого-геоморфологическое строение долины реки позволило разделить Иртыш на десять участков, каждый из которых имеет свои особенности распространения типов русла, их параметров и перестроений. Иртыш от г. Омска до р. Тобол преимущественно меандрирует, а его излучины часто осложнены островами в привершинных частях, на их верхних крыльях или на прямолинейных «вставках» больших смежных излучин, вершины которых располагаются у противоположных бортов днища долины или являются элементом синусоидальных и пальцеобразных излучин. В начале участка протяженностью 112 км, или 9,6% длины реки (от г. Омска до устья р. Тары), распространены русловые (островные) разветвления, в основном одиночные и односторонние. Полученные результаты имеют важное значение для водохозяйственного и воднотранспортного освоения реки.

Ключевые слова: русловые процессы, излучины, разветвления, широкопойменные и врезанные русла, Нижний Иртыш

Сведения о финансировании и благодарности. Выполнено по плану НИР (ГЗ) кафедры гидрологии суши и НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (№№ 121051400038-1, 121051200166-4) при финансовой поддержке РФФ (проект № 18-17-00086 П – разветвления русла) и РФФИ (проект № 20-35-90003/20 – размывы берегов). Авторы выражают благодарность администрациям Обь-Иртышского бассейна внутренних водных путей (руководитель Р.А. Чесноков), Омского и Тобольского районов водных путей и судоходства за техническую поддержку исследований и команду теплохода «Павлин», обеспечившую их выполнение.

Для цитирования: Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А. Меандрирование русла и формирование разветвлений на Нижнем Иртыше (от г. Омска до слияния с р. Тобол) // Географический вестник. 2023. № 1(64). С. 100–115. doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-100-115.

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-100-115

THE MEANDERING AND ANABRANCHING CHANNEL OF THE LOWER IRTYSH**Roman S. Chalov¹, Anna A. Kurakova^{2✉}, Aleksandr S. Zavadskii³, Arsenii A. Kamyshev⁴**^{1,2,3,4} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia¹ rschalov@mail.ru, Scopus Author ID: 7003283104, ResearcherID: L-8754-2015, IstinaresearcherID (IRID): 429329, РИНЦ AuthorID: 58839² a.a.kurakova@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0003-0234-6454, IstinaresearcherID (IRID): 92234587, РИНЦ AuthorID: 1037958³ az200611@rambler.ru, ResearcherID: M-3089-2015, IstinaresearcherID (IRID): 1078849, РИНЦ AuthorID: 62589⁴ arsenii.kamyshev@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9081-8006, IstinaresearcherID (IRID): 10840144, РИНЦ AuthorID: 1127542

Abstract. This paper is the first to describe the conditions and features of the channel formation for the lower Irtysh (from the city of Omsk to the confluence with the Tobol River), with a focus on the formation of the channel's bends and branches at various structural levels. Basing on the geological and geomorphological structure of the river valley, we divided the Irtysh into ten sections, each of which has its own characteristics of the distribution of channel types, their parameters, and transformations. The portion of the Irtysh River from Omsk to the Tobol River mainly meanders, and its bends are often complicated by islands in the near-top parts, on their upper wings or on rectilinear 'inserts' of large adjacent bends the tops of which are located at opposite sides of the valley bottom or islands being an element of sinusoidal and finger-shaped bends. At the beginning of the section, channel (island) branchings are common, mostly single and one-sided, being 112 km in total length, which is 9.6 % of the length of the river (from Omsk to the mouth of the Tara River). The results obtained are of great importance for the water management and water transport development of the river.

Keywords: channel processes, meanders, anabranching channel, wide floodplain channel, entrenched channel

Funding. The state assignment of the Research laboratory of soil erosion and fluvial processes (project no. 121051200166-4) and Land Hydrology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University (project no. 121051400038-1).



Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

The paper was funded by the Russian Science Foundation (project No. 18–17-00086 П) and the Russian Foundation for Basic Research (project No. 20-35-90003/20).

For citation: Chalov R.S., Kurakova A.A., Zavadskii A.S., Kamyshev A.A. (2023). The meandering and anabranching channel of the Lower Irtysh. *Geographical Bulletin*. No. 1(64). Pp. 100–115. doi: 10.17072/2079-7877-2023-1-100-115.

Введение

Иртыш – крупнейший приток Оби и важнейший магистральный водный путь Западной Сибири, ресурсы которого широко используются при водохозяйственном и транспортном освоении территории. Однако русловые процессы Нижнего Иртыша исследованы очень слабо, и в этом отношении он представляет собой «белое пятно» в региональном русловедении.

Сведения об Иртыше, в том числе его русле, появились при первых землепроходах в конце XVI в., в первой половине XVIII в. – первые научные сведения о реке. Немецкий ученый И.Г. Гмелин зафиксировал размывы берегов Иртыша у г. Тобольска и для предотвращения ущерба от них предложил ряд защитных мероприятий [10]. С конца XIX – начала XX в. (раз в 10–20 лет) издаются карты (лоцманские) русла, проводятся регулярные съемки русла изыскательскими партиями для обеспечения выполнения дноуглубительных работ. Опираясь на эти данные, В.В. Дегтярев [6; 7] обосновал инженерные мероприятия по улучшению условий судоходства в различных ситуациях (спрямление петлеобразных излучин, разработка прорезей и выправительные работы на перекатах и др.). Инженерно-технические изыскания на локальных участках проводились при возведении мостовых и подводных переходов, сооружений на берегах реки, особенно на урбанизированном участке у г. Омска. Размывы берегов с инженерно-геологических позиций исследовала А.С. Герасимова [4]. Для Иртыша от устья р. Ишим и до слияния с Обью И.Б. Петровым [14] была дана комплексная характеристика поймы, ее морфологии и геологического строения с оценкой размыва берегов. Некоторые данные о русле р. Иртыш на качественном уровне (типы излучин, наличие крутых и петлеобразных и их спрямление, в том числе искусственное) содержатся в работах [3; 5; 17; 19], монографии [15] и на опубликованных картах [1; 13; 16]. Однако все эти сведения носят отрывочный характер, связанный с решением конкретных прикладных задач (в том числе спрямление излучин) [7; 8], размывы берегов рассматривались вне их зависимости от русловых процессов [4; 14], а обобщения [15] сделаны по картам и космическим снимкам без анализа руслового режима реки, факторов русловых процессов и форм их проявлений. Первый опыт полноценной характеристики морфодинамики и гидроморфологии русла Иртыша принадлежит авторам [11; 12], но только для участка от устья р. Тобол до слияния Иртыша с Обью.

Задача настоящей статьи – дать полноценный анализ условий формирования меандрирующего и разветвленного русла нижнего Иртыша (от г. Омска до устья р. Тобол), а также оценку изменений по длине реки типов и параметров форм русла.

Общая характеристика объекта исследований

Иртыш в нижнем течении пересекает юго-западную часть Западно-Сибирской равнины с абсолютными отметками от 100–200 м (только в нижнем течении Тобола, Туры и Тавды бассейны имеют отметки ниже 100 м). С запада его бассейн окаймлен восточными склонами Урала, находясь в пределах Зауральского плато, на юге – примыкает к Тургайскому плато. Равнинный рельеф бассейна реки сформировался в четвертичный период за счет длительной речной и озерной аккумуляции наносов в приледниковых зонах, размеры и местоположение которых менялись в ходе оледенения. В дальнейшем ледниковые и речные отложения не раз перемывались. От г. Омска до устья р. Тары Иртыш течет вдоль Барабинской низменности; от устья р. Тары до г. Тобольска правый борт долины представлен уступами Иртышской возвышенности – отрогами плоского Васюганского плато [2; 9]. Старосолдатский вал, протянувшийся с северо-запада на юго-восток по Ишимо-Иртышской равнине, образуя суженные участки долины, обусловив формирование адаптированного русла ниже г. Омска и участков врезанного русла между устьями рек Тары и Тобола (рис. 1).

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

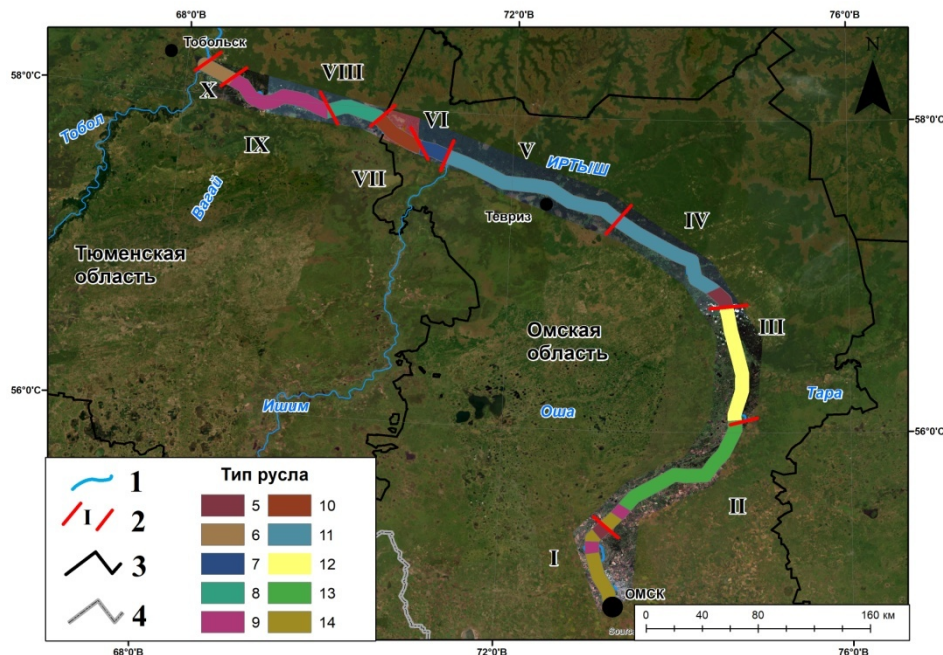


Рис. 1. Общая схема Иртышского бассейна: 1 – реки бассейна, 2 – границы и номер морфологически однородных участков, 3 – административные границы, 4 – государственные границы; типы русла: 5 – прямое русло, 6 – чередование излучин и прямолинейного русла, 7 – врезанные излучины, 8 – вынужденные, вписанные и сундучные излучины, 9 – свободные и вынужденные излучины, 10 – свободные, вынужденные и вписанные излучины, 11 – свободные, вынужденные, вписанные и сундучные излучины, 12 – большие излучины, 13 – чередование односторонних разветвлений и прямолинейного русла, 14 – односторонние разветвления

Fig. 1. General scheme of the Irtysh basin. 1 – rivers of the basin, 2 – boundaries and numbers assigned to the morphologically homogenous sections of the river, 3 – administrative boundaries, 4 – state boundaries; channel types: 5 – a straight channel, 6 – alternation of bends and a straight channel, 7 – incised bends, 8 – forced, inscribed, and chest-shaped bends, 9 – free and forced bends, 10 – free, forced, and inscribed bends, 11 – free, forced, inscribed, and chest-shaped bends, 12 – large bends, 13 – alternation of one-sided forks and a straight channel, 14 – one-sided forks

В районе г. Омска Иртыш течет на северо-восток, затем у устья р. Тары поворачивает на северо-запад, имея вплоть до устья р. Тобол близкое к субширотному направлению. Ширина днища долины (пойма + русло) реки изменяется в диапазоне от 4–8 до 18–22 км, периодически по длине реки то сужаясь, то расширяясь. Ширина русла колеблется от 0,5 до 1,0 км. Уклон реки изменяется от 0,05 до 0,025‰.

Бассейн Нижнего Иртыша характеризуется преимущественно континентальным климатом с продолжительной холодной зимой и сравнительно тёплым летом. Иртыш протекает на участке от г. Омска до устья Тары в лесостепной зоне, ниже – в таежной. Достаточная увлажненность (слой осадков 450–500 мм) и плоский рельеф обуславливают широкое распространение среди тайги болот. Основные притоки Иртыш на исследуемом участке: Тара, Туй, Ишим, Вагай и Тобол, а также множества малых рек.

Основное питание реки – за счет талых и грунтовых вод. Тип водного режима Иртыша – западносибирский (по Б.Д. Зайкову), характеризующийся растянутым весенним половодьем, короткой летней меженью и низким стоком зимой. Половина годового стока реки проходит весной, доля стока летом – 27%, осенью – 19%, зимой – 7%. Среднегодовое количество воды Иртыша у г. Омска – 851 м³/с, в г. Тобольске – 2150 м³/с; среднемаксимальный расход воды у г. Тобольска – 6500 м³/с. Средняя годовая величина колебания уровня воды в реке от 3 до 8 м, наибольшая – у устья Иртыша.

Мутность Иртыша возрастает вниз по течению: у г. Омска – 138 г/м³, а у Тобольска – 163 г/м³; расход наносов в районе Омска – 54 кг/с, в Тобольске – 310 кг/с, у Ханты-Мансийска – 870 кг/с.

Ледовые явления на Нижнем Иртыше появляются в начале ноября и быстро распространяются вверх по течению. Ледоход продолжается около двух недель, часто

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

с образованием зажоров. Максимальная толщина льда на Иртыше – до 1 м. Ледоход непродолжительный – 5–7 дней. Вскрытие реки происходит с юга на север, сопровождаясь заторами. Полное очищение реки ото льда фиксируется в конце апреля – начале мая.

Материалы и методы

Экспедиционные исследования на Нижнем Иртыше были проведены с 30 мая по 9 июня 2022 г. При их выполнении осуществлялись измерение расходов воды в рукавах русловых разветвлений и в прорванных излучинах, определение скоростных полей на излучинах с использованием доплеровского измерителя течения. Это позволило получить детальные сведения о рассредоточении стока и гидравлических характеристиках потока. Русловой анализ выполнялся с использованием карт русел (лоцманских), составленных в 1975, 1992 и 2009 гг., и корректировками последней в 2021 г., планов участков русла и перекатов за 2017–2022 гг., космическими снимками Landsat 5 TM и Sentinel-2 за 1980–2022 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

По распространению морфодинамических типов Иртыш от Омска до устья Тобола разделяется на две неравные части: первая, верхняя от г. Омска до Карташевой горы (225 км), характеризуется суженной долиной, относительной прямолинейностью русла в условиях неширокой поймы (от 2 до 6 км), развитием прибрежных односторонних, часто односторонних чередующихся разветвлений, расположением вдоль правого коренного берега единичных излучин, сформировавшихся там, где река отклоняется от него под влиянием изгибов и выступов. Русло в основном адаптированное, но на излучинах становится широкопойменным (в первом случае $1b_p < B_{п} < 3b_p$, во втором – $B_{п} > 3b_p$; здесь $B_{п}$ – ширина поймы, b_p – ширина русла). Второй, бо́льший по протяженности (1050 км), отличается абсолютным преобладанием широкопойменного меандрирующего русла, иногда осложненного разветвлениями на крыльях и в привершинных частях излучин, на прямолинейных «вставках» между смежными излучинами и отдельных коротких относительно прямолинейных участках при двусторонней пойме (до 20–25 км шириной), кроме двух коротких участков (общей протяженностью 100 км) с врезанным или адаптированным, но также меандрирующим руслом. Всего выделено десять морфологически однородных участков по геолого-геоморфологическим условиям формирования русла и преимущественному распространению тех или иных морфодинамических типов (см. рис. 1).

Формирование излучин на участке происходит на трех структурных уровнях развития меандрирования: «нормальные» излучины, большие излучины и петлеобразные излучины (комбинация трех «нормальных») и излучины пояса меандрирования [18; 20]. «Нормальные» излучины на нижнем Иртыше (от г. Омска до устья Тобола) имеют широкий диапазон морфологических параметров, начиная от пологих ($l/L=1,1\div 1,4$) с бо́льшими радиусами кривизны и шагами (700–5250 м и 1500–5600 м, соответственно) до крутых ($l/L=1,7\div 1,9$) с меньшими r и L (250–2250 м и 1000–3400 м). Для больших излучин радиусы кривизны изменяются в диапазоне от 1000 до 4000 м, шаг – 2000–5000 м, которые с 1980-х гг. практически не изменились. Шаг пояса меандрирования изменяется в широких пределах от 20 до 130 км, включая в себя от четырех до нескольких десятков «нормальных» и больших излучин. В широкопойменном русле среди свободных излучин («нормальных» и больших) образуются пологие изгибы, составляющие излучины поясов меандрирования.

Разветвления составляют основной морфодинамический тип русла на первых двух участках, где они представлены односторонними и чередующимися, реже одиночными разветвлениями, в том числе чередующимися, очень сильно антропогенно измененными в черте г. Омска. Ниже по течению разветвления часто встречаются в привершинных частях крутых излучин с нарушенным правилом безотрывного обтекания берегов потоком (правило Миловича), у которых $r < 3b_p$. Острова также отмечаются на прямолинейных вставках между

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

двумя смежными большими излучинами или в верхних крыльях «нормальных» и больших излучин, особенно на вынужденных (или вписанных), формирование которых способствует подпору потока от крутого поворота или набеганию на коренной берег в вершине таких излучин, вследствие чего в зоне подпора формируется местное расширение русла. К разновидностям разветвлений относятся прорванные излучины (Вагайская, Кайсинская), у которых основными по водности являются спрямляющие рукава (до 80% стока в половодье 2022 г.).

Первый (I) участок (г. Омск – н.п. Крутая горка). Русло в наибольшей мере подвержено техногенным воздействиям и нарушениям естественного облика, что определяет его расположение на урбанизированной территории г. Омска, обуславливая при этом создание набережных, затонов и дамб, перекрывающих рукава подводных и мостовых переходов, других инженерных объектов. По геоморфологическим условиям русло является адаптированным, характеризуется сравнительно неширокой поймой (4 км, максимальная – 6,4 км) при ширине русла от 300 м (без островов) до 1100 м (вместе с островами). Оно представлено чередующимися (62% длины) и односторонними прибрежными разветвлениями, в которых водность несудоходных рукавов составляет от 6 до 30%, разделенными прямолинейным руслом (рис. 2). Иногда встречаются пологие излучины, возникновение которых связано с влиянием неровностей правого коренного берега, отклоняющими поток в сторону левобережной поймы. Наиболее крупная излучина находится ниже мыса правого коренного берега у п. Чернолучинского (1781–1776,5 км); ее вершина находится среди поймы в 1,1 км от него.

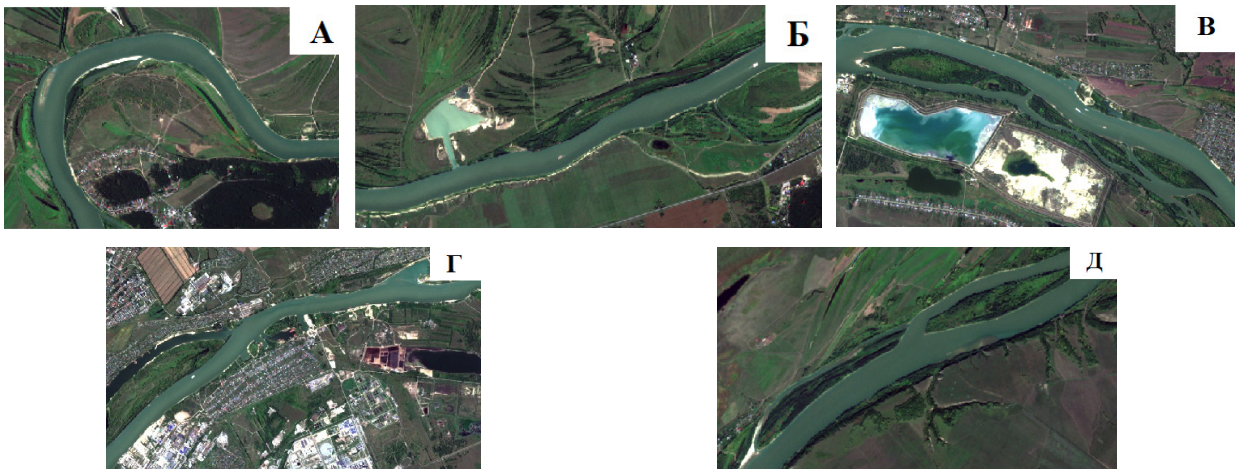


Рис. 2. Типы русла на морфологически однородных участках I (1830–1755 км) и II (1755–1615 км): А – свободная и вынужденная излучины; Б – прямолинейное неразветвленное русло; В – односторонние разветвления;

Г – чередующиеся разветвления (техногенно преобразованные); Д – сопряженные разветвления
 Fig. 2. Channel types in the morphologically homogeneous sections I (1,830–1,755 km) and II (1,755–1,615 km):
 А – free and forced bends; Б – a rectilinear unbranched channel; В – unilateral branches; Г – alternating branches (technogenically transformed); Д – conjugated branches

Второй (II) участок (н.п. Крутая Горная – гора Карташевская) также располагается вдоль правого коренного берега. Он представлен прямолинейным неразветвленным руслом (46,3%) с односторонними лево- и правобережными разветвлениями, коротким участком сопряженных разветвлений (5,5%), звенья которых образованы двумя вытянутыми островами ($L_0/B_0 = 11,1$ и $7,0$; здесь L_0 и B_0 – длина и ширина островов), и одиночным, также удлиненным ($L_0/B_0 = 7,9$) и односторонним (см. рис. 2) разветвлениями. Протяженность прямолинейных участков (их 12) – от 1,5 до 10,5 км. Односторонние разветвления образованы двумя островами, разделенными маловодными протоками, либо, в свою очередь, характеризуя разветвления 2-го порядка на заходе в основные (судоходные) рукава (Согринские и Стрижевские разветвления).

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

Третий (III) участок (гора Карташевская – н.п. Атак) протяженностью 159 км начинается с резкого расширения поймы до 22,4 км. Наименьшая ее ширина в пределах участка – 14,6 км, но у н.п. Евгашино происходит створное сужение днища долины (поймы) – до 2 км, после чего оно вновь расширяется до 15,5 км, но к концу участка ширина его сокращается до 9 км. Участок характеризуется абсолютным преобладанием извилистого (меандрирующего) русла (рис. 3), причем на свободные излучины приходится 41,2% длины (16 излучин), на вписанные и вынужденные, образованные при подходе к бортам долины, – 13,5% (их 5) и на сундучные – 20,8% (их 4). Последние представляют собой комбинации вынужденной излучины, вершина и нижнее крыло которой расположены у коренного берега, короткого прямолинейного участка вдоль него и адаптированной излучины (пологой или крутой в зависимости от формы коренного берега в ее верхнем крыле и степени направляющего его воздействия на поток), нижнее крыло которой располагается в пойменных берегах.

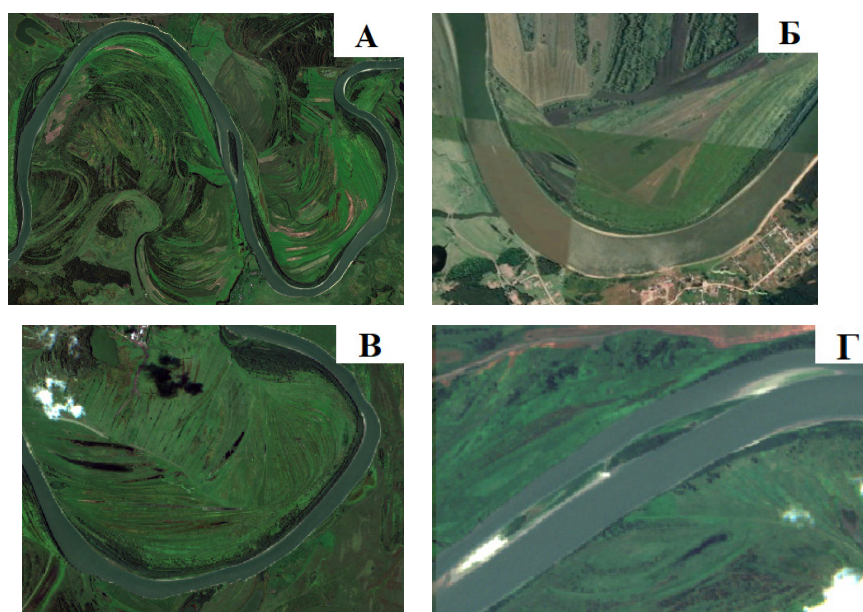


Рис. 3. Типы русла на морфологически однородном участке III (1615–1459 км): А – большие свободные излучины с разветвлением на прямолинейной вставке между ними; Б – вынужденная излучина; В – сундучная излучина; Г – одиночное разветвление
 Fig. 3. Channel types in the morphologically homogeneous section III (1,615–1,459 km): А – large free bends with a branching on a rectilinear insert between them; Б – a forced bend; В – a chest-shaped bend; Г – a single branch

Среди свободных излучин более 1/3 приходится на большие излучины, стрела прогиба h_n которых составляет от 2140 до 4100 м. Вершины излучин касаются противоположных бортов днища долины, и между привершинными их частями располагаются протяженные прямолинейные «вставки», составляющие нижние и верхние крылья смежных форм. На таких прямолинейных «вставках» формируются одиночные или односторонние разветвления. Среди больших излучин – одна петлеобразная, состоящая из трех смежных изгибов русла, создающих, по существу, серию из трех сегментных излучин. Большие излучины являются также вписанными и сундучными, привершинные части которых являются прямолинейной «вставкой» между вынужденной и адаптированной излучинами, и приурочены к одному из бортов долины. На все большие излучины приходится 44,8% длины участка.

Большинство излучин группируется в серии из двух–семи излучин каждая, и лишь три излучины образуют одиночные формы между короткими участками прямолинейного неразветвленного русла или одиночными разветвлениями. Верхняя серия (1523–1491,5 км), состоящая из шести излучин, включает три большие свободные (пологую с $l/L = 1,15$, крутую с $l/L = 2,0$, развитую с $l/L = 1,36$; здесь l – длина, L – шаг излучины), большую сундучную, вынужденную крутую ($l/L = 2,25$) и пологую сегментную излучину. Вторая серия из семи

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

излучин (1485,5–1468 км) образована последовательно двумя сегментными, сундучной, петлеобразной ($l/L = 2,5$), и вновь двумя пологими сегментными ($l/L = 1,22-1,1$), разделенными вписанной излучиной. Остальные серии состоят из больших излучин (2 излучины на 1594–1586,5 км), из комбинации двух крутых, двух пологих сегментных излучин и вписанной, развитой ($l/L = 1,64$) между ними, смежных пологой сегментной и вынужденной излучин. На двух сундучных излучинах изгибы русла крутые коленообразные с поворотом потока на 90° в их вершинах: радиусы кривизны $r = 450-500$ м, что лишь ненамного превышает значение гарантированного (требуемое для нормального судоходства) $r_{\text{гар}} = 300$ м. Две излучины в верхних крыльях или в привершинной части осложнены разветвлениями с равноценным распределением стока воды между рукавами (44 и 56% и 42 и 58%).

На участке имеются три одиночных разветвления (Таксайское, Нижнее Красноярское и Верхнее Атаковское), которые приурочены к местным расширениям русла в пределах прямолинейных вставках между смежными большими излучинами.

Четвертый (IV) участок (н.п. Атак – н.п. Таборы) также характеризуется широкопойменным руслом с чередованием прямолинейного неразветвленного русла и серий излучин, часто осложненных односторонними и осередковыми разветвлениями. Излучины русла составляют 52,1% длины участка (25 форм), из которых на свободные приходится 48% (12 излучин, т.е. половина от всего их количества), вписанные, вынужденные и сундучные – 52%, т.е. последние по своей суммарной длине превышают свободные. Среди излучин четыре являются большими со стрелой прогиба, превышающей 2000 м. Это вписанные и свободные излучины, которые своими вершинами касаются бортов днища долины. Большинство свободных излучин являются пологими ($l/L < 1,4$) (рис. 4).

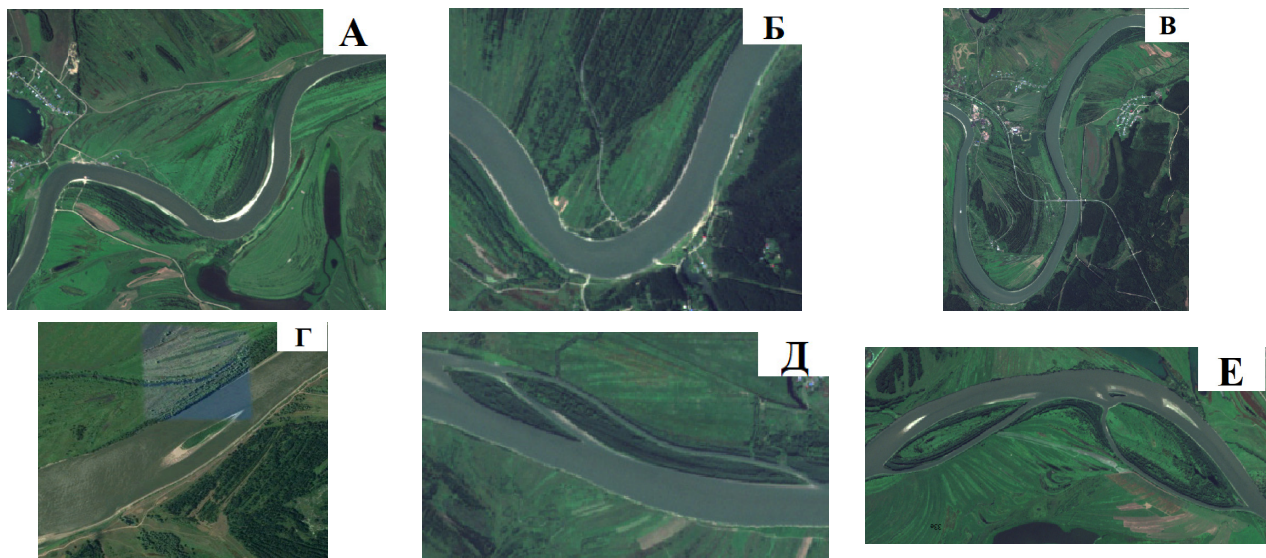


Рис. 4. Типы русла на морфологически однородном участке IV (1459–1289): А – свободные излучины; Б – вынужденная коленообразная излучина; В – сундучная и вписанная излучина; Г – одиночные разветвления; Д – прямолинейное русло с односторонним разветвлением 2-го порядка (о. Зелёный); Е – односторонние разветвления

Fig. 4. Channel types in the morphologically homogeneous section IV (1,459 – 1,289 km): А – free meanders; Б – a forced knee-shaped bend; В – a chest-shaped and inscribed bend; Г – single branches; Д – a rectilinear channel with a unilateral branching of the 2nd order (Zeleny island); Е – unilateral branchings

Ширина поймы на участке в среднем составляет 18–19 км (при максимальной 22 км, минимальной 7 км). Ширина пояса меандрирования $B_{\text{пм}}$ в основном меньше ширины днища долины $B_{\text{д}}$ в 2–3 раза (для сравнения – на третьем участке $B_{\text{пм}}=B_{\text{д}}$). Тем не менее русло в основном тяготеет к правому коренному берегу, что определяет значительное количество сундучных излучин и высокую долю прямолинейного неразветвленного русла (40%) возле него. Четыре прямолинейных отрезка русла осложнены одиночным разветвлением 2-го

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

порядка – прибрежными (о. Зеленый) и осередковыми. Они также встречаются в основном судоходном рукаве односторонних разветвлений, образованных цепочкой островов вдоль правого берега (о-ва Монастырский и Знаменский), и на последней на участке вынужденной излучине. Вынужденные излучины и изгибы русла на сундучных излучинах часто образуют коленообразные (90°) повороты. Некоторые излучины имеют пальцеобразную форму, в их вершине совершаются повороты реки на 180° , а крылья имеют удлиненную прямоугольную форму.

На **пятом (V) участке** (н.п. Таборы – устье р. Ишим) русло также широкопойменное, но ширина поймы сокращается до 8–12 км, к концу участка (н.п. Усть-Ишим) – до 7 км. При этом ширина пояса меандрирования (русло здесь преимущественно меандрирующее – $67,1\%$ длины участка) $B_{\text{пм}} \approx B_{\text{д}}$ равна ширине днища долины. Больших излучин, у которых стрела прогиба $h_{\text{и}} > 2000$, всего 9 (из 41) при длине участка 241 км (на третьем участке их 10 из 25 при длине участка 156 км). Многие «нормальные» излучины с $h_{\text{и}} < 2000$ м своими крыльями пересекают всю пойму по диагонали, а их вершины касаются бортов долины. Это же обстоятельство обуславливает преобладание на участке вписанных, вынужденных (13 ед., $23,7\%$ длины) и сундучных излучин (5 ед., $13,6\%$). Среди свободных излучин 8 относятся к категории крутых ($l/L > 1,7$), остальные пологие и развитые. Многие излучины, свободные, вынужденные и вписанные, имеют синусоидальную и пальцеобразную формы, длинные крылья, образующие прямолинейные вставки между смежными изгибами русла в привершинных частях излучин (рис. 5).

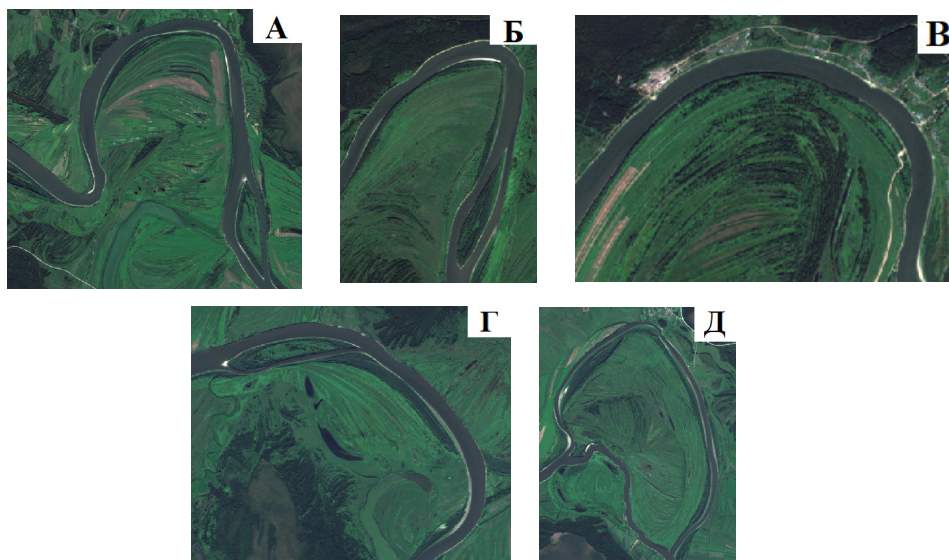


Рис. 5. Типы русла на морфологически однородном участке V (1289–1048 км): А – синусоидальная и сегментная свободные излучины, одиночное разветвление (о. Изюкский); Б – одиночное разветвление (о. Ивановский) и крутая вынужденная излучина; В – вписанная излучина; Г – сундучная излучина с прибрежным разветвлением (о. Тентисский); Д – прорванная Кайсинская излучина

Fig. 5. Channel types in the morphologically homogeneous section V (1,289–1,048 km): А – sinusoidal and segmental free bends, a single branching (Izyuksky island); Б – a single fork (Ivanovsky island) and a steep forced bend; В – an inscribed bend; Д – a chest-shaped bend with a near-bank branching (Tentisky island); Д – a broken Kaisinskaya bend

На 5 излучинах имеются осложняющие их разветвления 2-го порядка: на верхних крыльях и привершинных частях, где спрямляющие протоки у выпуклых берегов нередко достаточно многоводные (в Петровском разветвлении водность такой протоки $24,9\%$).

Прямолинейное неразветвленное русло (не считая крыльев смежных больших, пальцеобразных и синусоидальных излучин) составляет $29,7\%$ длины участка (12 таких отрезков имеет длину 56,5 км). В местных расширениях русла между смежными излучинами с удлиненными крыльями находятся одиночные разветвления с периодическим

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

перераспределением стока между обоими рукавами (Кокинское, Ивановское и Изюкское разветвления); непосредственно перед устьем Ишима сформировалось разветвление «дельтового» типа, обусловленное подпором Иртыша при прохождении половодья на притоке.

Своеобразным является разветвление, связанное с развитием прорванной излучины. Длина спрямляющего излучину правого рукава – Кайранской протоки – составляет 5 км при длине старого русла около 11,5 км. Этот рукав сейчас активно развивается (он забирает 79,5% стока), но параметры излучин в верхней части не соответствуют его водности: две смежных излучины имеют радиусы $r = 250$ м (по вогнутому берегу), при радиусах закругления судового хода $r = 320$ м, и его ось проходит вдоль выпуклых берегов обеих излучин. На большей части рукава его ширина – около 130 м (почти в 2 раза меньше, чем выше узла разветвления русла). Дно и берега рукава сложены глинистыми грунтами, что сильно замедляет его развитие в соответствии с водностью.

Шестой (VI) участок (устье р. Ишим – н.п. Борки) – самый короткий на среднем Иртыше (37 км). Русло здесь врезанное, образует две серии врезанных излучин (5 и 2 в каждой серии), разделенных коротким (3 км) прямолинейным отрезком. Участок завершается прямолинейным руслом длиной 5,5 км. Пять излучин относятся к категории



Рис. 6. Врезанное русло (излучина и прямолинейное русло) на морфологически однородном участке VI (1048–1041)
Fig. 6. An incised channel (a bend and a straight portion) in the morphologically homogeneous section VI (1,048–1,041 km)

пологих или развитых, и лишь вторая (Новоникольская) в первой серии является крутой пальцеобразной (стрела прогиба $h_n = 2050$ м, $l/L = 2,3$) и вторая во второй серии – крутой сегментной с таким же соотношением $l/L = 2,3$, но $h_n = 1600$ м (рис. 6). Для всего участка характерны повышенные значения всех параметров излучин.

Седьмой (VII) участок (н.п. Борки – гора Еланская) длиной 96 км – широкопойменный с абсолютным преобладанием меандрирующего русла (90,1% длины). Короткие прямолинейные отрезки (их 4) имеют общую протяженность всего 9,5 км.

Излучины образуют пять серий, из 2–7 смежных излучин протяженностью от 2 до 39 км образуются в ряде случаев сложные петли: у вписанной Пановской излучины ширина шейки излучины – 300 м при максимальной ширине шпоры 1700 м; у Бичинской излучины, соответственно, 500 м и 2600 м; у Загваздинской – 250 м и 1850 м. Участок завершается пальцеобразным поворотом русла на 180° с радиусом кривизны излучин 900 м и стрелой прогиба 1400 м и петлеобразной вписанной излучиной (поворот Бичинский) с $r = 550$ м, $h_n = 1300$, шириной шейки 230 при ширине шпоры 730 м. Среди других излучин 5 имеют пальцеобразную или синусоидальную формы, остальные относятся к категории пологих и развитых (рис. 7). Две излучины осложнены разветвлениями на их верхних крыльях.



Рис. 7. Типы русла на морфологическом однородном участке VII (1011–915 км): А – пальцеобразная и петлеобразная излучины; Б – синусоидальная и сегментная излучины; В – сегментные излучины, разделённые вписанной пальцеобразной излучиной
Fig. 7. Channel types in the morphologically homogeneous section VII (1,011–915 km): А – finger-shaped and loop-shaped bends; Б – a sinusoidal and segmental bend; В – segmental bends separated by an inscribed finger-shaped bend

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

Восьмой (VIII) участок (гора Еланская – н.п. Курья) представлен врезанным и адаптированным извилистым руслом, характеризующимся узкой поймой (рис. 8). Излучины врезанные (их 7), вписанные и адаптированные (3) и сундучные (3), образующие единую серию. Участок начинается прямолинейным врезанным руслом, переходящим в две следующие друг за другом сундучные излучины, между которыми русло образует коленообразный изгиб, завершающий верхнюю из них, и пальцеобразный поворот Каюковский, составляющий верхнюю часть второй излучины, в пределах последнего река через 0,5 км делает разворот на 180° вдоль горы Аллагуловской. Продолжением Аллагуловского поворота (нижняя часть второй сундучной излучины) является верхнее прямолинейное крыло самой крутой на участке Первомайской петлеобразной врезанной излучины, у которой $l/L = 6,2$, а разворот в привершинной части меняет радиус кривизны r с 1490 м до 1200 м, переходя в прямолинейный отрезок («вставку»), сопрягающийся с верхним крылом следующей вписанной пологой синусоидальной излучиной ($l/L = 1,36$).

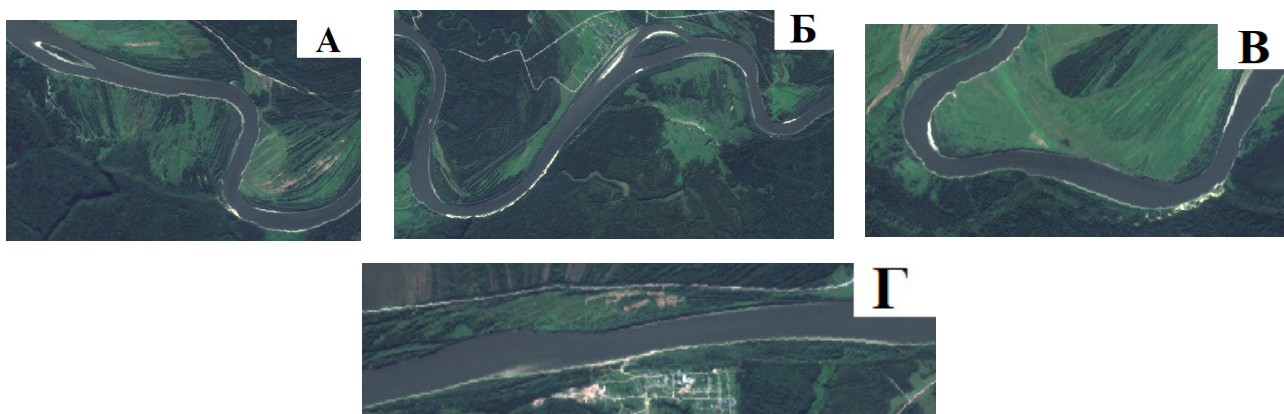


Рис. 8. Типы русла на морфологически однородном участке VIII (925–852 км): А – одиночное разветвление (о. Булыжный) и адаптированные излучины; Б – врезанные излучины, в т.ч. с разветвлением (о. Саминский) в верхнем крыле;

В – сундучные излучины; Г – прямолинейное врезанное русло

Fig. 8. Channel types in the morphologically homogeneous section VIII (925–852 km): А – a single branching (Bulyzhny island) and adapted meanders; Б – incised bends, incl. with branching (Saminsky island) in the upper wing; В – chest-shaped bends;

Г – a rectilinear incised channel

Характерным для участка является отсутствие разветвлений русла, но здесь имеется одно разветвление (о. Саминский) на верхнем крыле сундучной излучины. Правый судоходный рукав в этом разветвлении спрямляет выбоину левого вогнутого берега, располагаясь вдоль выпуклого берега излучины. Формирование выбоины привело к местному расширению русла почти в 3 раза по сравнению со смежной выше по течению излучиной и образованию в ней острова.

На **девятом (IX) участке** (н.п. Курья – н.п. Абалак) русло вновь становится широкопойменным (причем на всем участке $B_{пм} < B_{д}$), с абсолютным преобладанием меандрирующего (79,5%), в котором свободные излучины составляют 46,5% общей длины участка (19 излучин из 30); причем 6 излучин – вписанные и вынужденные (рис. 9). Большинство излучин группируется в серии (их 8). Две излучины представляют единичные формы: сундучная с поворотом Байжевском, образующим верхний изгиб русла, крутая сегментная излучина – поворот Нижний Байчерский. Серии излучин и единичные излучины разделяются короткими прямолинейными участками (их 8 общей длиной 29,5 км, 14,4% длины всего участка) и одиночным разветвлением. Среди излучин – три петлеобразные, из которых две свободные с l/L , равным 10,1 (Шапошниковская) и 11,8 (Ермаковская) при ширине шейки, соответственно, 1570 и 800 м (ширина шпоры в привершинной части этих излучин – 2600 и 2400 м). Третья петлеобразная излучина – вписанная (Еланчинская); ее $l/L = 9,4$, ширина шейки – 480 м, шпоры – 1900 м.

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

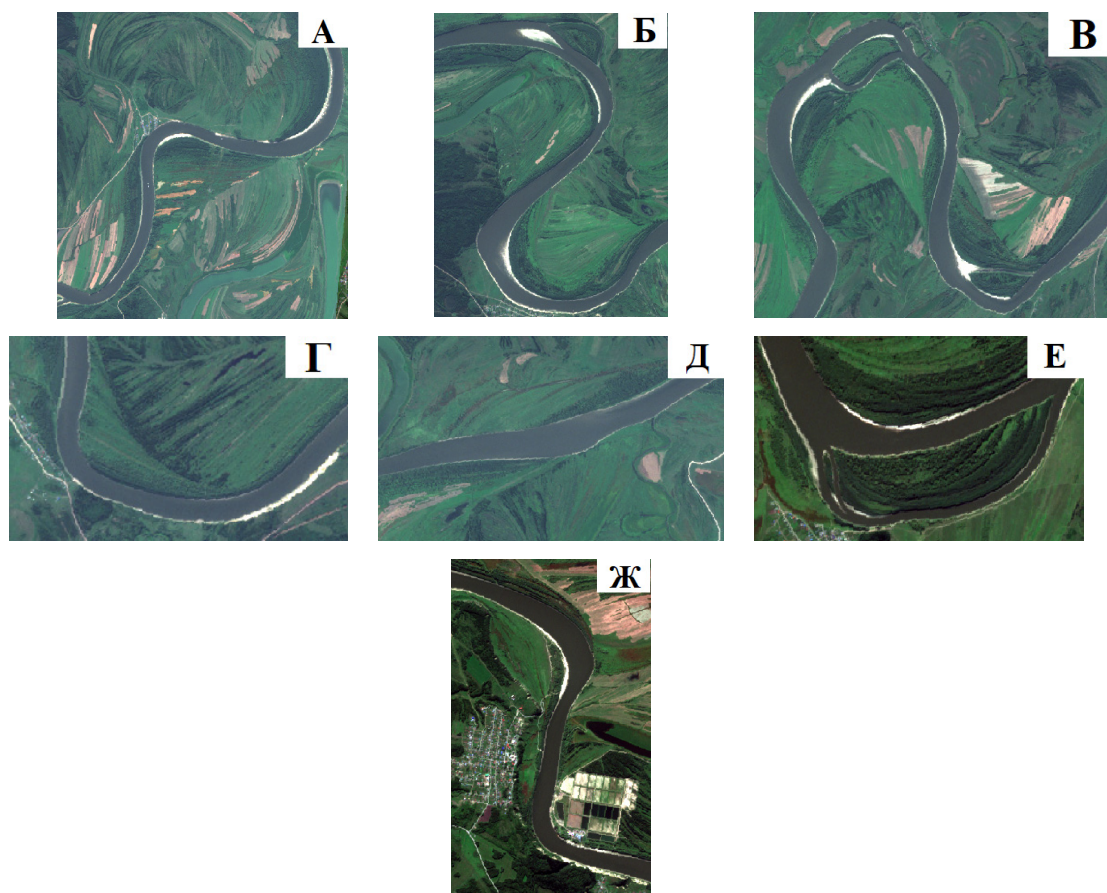


Рис. 9. Типы русла на морфологически однородном участке IX (852–696 км): А – сегментные свободные излучины; Б – сегментная с разветвлением в привершинной части и вписанные излучины; В – излучина с разветвлениями в привершинной части (о-ва Шапошниковский и Сосновский); Г – сундучная излучина; Д – прямолинейное русло; Е – прорванная сундучная излучина (Вагайская протока); Ж – обтекающая и вписанная излучины (н.п. Абалак)

Fig. 9. Channel types in the morphologically homogeneous section IX (852–696 km): А – segmental free bends; Б – a segmental bend with a branching in the near-top part and inscribed bends; В – a bend with branches in the near-top part (Shaposhchnikovsky and Sosnovsky islands); Г – a chest-shaped bend; Д – a rectilinear channel; Е – a broken chest-shaped bend (Vagai channel); Ж – a flowing-around and inscribed bends (Abalak settlement)

На 5 излучинах участка в их привершинных частях сформировались прибрежные разветвления, причем на двух излучинах – Шапошниковской и Кобякский острова достаточно большие (длина L_o – 1200 и 2050 при ширине $B_o=380$ и 830 м), имеющие изометрическую конфигурацию; протоки, отделяющие их от пойменной шпоры, образуют крутые излучины, доля стока в них составляет 22 и 8,6%. На Маяцкой излучине (711–705,5 км) рукав за о. Маяцким является спрямляющим крутой изгиб русла в привершинной части ($l/L = 1,98$), сосредотачивая 40,3% расхода воды. Такой характер разветвлений на излучинах отличает девятый участок от остальных, где они приурочены в основном к крыльям излучин, а протоки у выпуклых берегов излучин, как правило, маловодны.

В конце участка, огибая Абалакский выступ правого высокого коренного берега, Иртыш образует обтекающую излучину, сопрягающуюся с вписанной излучиной ниже по течению, оба крыла которой на всем ее протяжении проходят вдоль коренного берега. В привершинной части обтекающей излучины река отклоняется от него, и прирусловая часть шпоры представлена узким фрагментом поймы.

Особое место среди разветвлений занимает прорванная Вагайская сундучная излучина, на которой спрямляющий рукав – Вагайская протока (ныне судоходный) расчленяет ее шпору практически на равные части (стрела прогиба h_n Вагайской протоки – 970 м, правого рукава – 1650 м). При этом верхняя часть спрямленного правого рукава представляет собой вписанную излучину.

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

По-видимому, формирование на излучинах в их привершинных частях разветвлений, повышенная водность второстепенных рукавов и развитие прорванной излучины являются следствием прохождения, начиная от слияния Иртыша с р. Ишим, руслоформирующего расхода воды при затопленной пойме [11].

Десятый (X) участок (н.п. Абалак – устье р. Тобол) представляет собой чередование прямолинейного неразветвленного русла, располагающегося вдоль правого коренного берега, и серий из двух излучин, из которых одна – свободная, вторая – вынужденная или вписанная (рис. 10). Перед устьем Тобола река образует большую крутую свободную излучину (стрела прогиба при 3400 м, $l/L = 1,83$) с большим островом в привершинной части (о. Бизинский). Большая часть расхода воды сосредотачивается в спрямляющем привершинную часть излучины рукаве (протоке Бизинской); до 11% основного стока проходит в левом рукаве. Прямолинейное русло между обеими сериями излучин протяженностью 6,5 км – относительно мелководное, в нижней своей части (3 км) расширяется в 1,5–2 раза, и здесь располагается лимитирующее судоходство Ивановский пережат. Очевидно, что формирование пережата здесь обуславливается подпором во время половодья от р. Тобол и от крутого изгиба реки на 120° вдоль правого коренного берега (поворот Подчувашинский).



Рис. 10. Типы русла в морфологически однородном участке X (696–664 км): А – свободная и вынужденная излучины; Б – большая сегментная излучина с разветвлением в привершинной части (о. Бизинский); В – прямолинейное русло с осередковыми разветвлениями

Fig. 10. Channel types in the morphologically homogeneous section X (696–664 km): A – free and forced bends; Б – a large segmental bend with a branching in the apical part (Bizinsky island); В – a straight channel with middle branchings

Изменения типов русла вниз по течению имеют свои особенности (таблица).

В целом, больше половины длины русла Иртыша (59,5%) меандрирует, около трети (27,5%) – представляет собой относительно прямолинейное, неразветвленное русло, и всего 13% приходится на разветвления.

Вниз по течению доля разветвленного русла постепенно снижается. Если в начале на I и II участках разветвления составляли около половины или больше (64,6 и 45,5%, соответственно) его длины, то на нижних участках не превышают 10%. Доля излучин, наоборот, возрастает и находится в большом диапазоне – от 14,7 и 8,2% на первых двух участках до 90,1% на VII участке (на остальных участках меандрирующее русло составляет чаще всего около 70% их протяженности). Для прямолинейного, относительно неразветвленного русла какой-либо направленный тренд вниз по течению не прослеживается. Его доля изменяется в широких пределах – от 9,9% на VII участке до почти половины (46,3 и 40,0%) на II и IV участках. Разветвления второго порядка: осложняющие преимущественно излучины (3,1%), реже – рукава разветвлений (2,2%) или прямолинейные участки (0,4%); также они встречаются практически на всех участках, за исключением I и VI, а их доля на них составляет обычно первые проценты, редко достигая 10%.

Морфологически однородные участки и распространение в них морфодинамических типов русла
(*n* – количество форм русла; *l* – их суммарная длина, км; % – от общей длины участка)
Morphologically homogeneous sections and the distribution of morphodynamic channel types in them
(*n* – the number of channel forms; *l* – their total length, km; % – of the total section length)

Тип русла	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			Итого			
	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%	<i>n</i>	<i>l</i>	%				
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Разветвленное русло (разветвления)																																		
Одиночные	–	–	–	1	3	2,1	3	8	6,3	2	5,5	3,2	4	11,3	4,7	–	–	–	–	–	–	1	3,5	5,6	1	3	1,9	–	–	–	12	34,3	2,9	
Сопряженные	–	–	–	1	5,5	3,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чередующиеся	12	36	49,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Одно-сторонние	2	12,5	15,3	12	55,3	39,5	–	–	–	1	8	4,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Всего	14	48,5	64,6	14	63,8	45,5	3	8	6,3	3	13,5	7,9	4	11,3	4,7	–	–	–	–	–	–	1	3,5	5,6	1	3	1,9	–	–	–	40	151,6	13,0	
Меандрирующее русло (излучины)																																		
Свободные	2	6,5	8,7	1	6	4,3	16	65,5	41,2	12	36,5	21,5	22	70	29,7	–	–	–	14	59,3	61,8	–	–	–	19	72,5	46,5	2	12,5	39,7	88	328,8	37,4	
Вынужденные Вписанные Сундучные Адаптированные	2	5,5	6,0	2	5,5	3,9	9	50	31,7	13	50,7	30,5	18	91,7	37,3	–	–	–	6	21	28,3	10	46,5	73,8	11	52,0	33,3	2	4,5	14,3	73	327,4	28,1	
Прорванные	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	12	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	3,5	2,3	–	–	–	3	15,5	1,3	
Обтекающие	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2,5	1,6	–	–	–	1	2,5	0,2	
Врезанные	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7	28,5	7,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Всего	4	12	14,7	3	11,5	8,2	25	115,5	72,9	25	87,2	52	41	173,7	72	7	28,5	7,7	20	80,3	90,1	10	46,5	73,8	33	130,5	83,7	4	17	54	172	692,4	59,5	
Прямолинейное неразветвленное русло																																		
	3	15,5	20,7	12	64,7	46,3	6	32,5	20,8	11	68	40,0	12	56	23,2	2	8,5	23	4	9,5	9,9	2	13	20,6	8	22,5	14,4	2	14,5	46	–	–	–	
Всего	3	15,5	20,7	12	64,7	46,3	6	32,5	20,8	11	68	40,0	12	56	23,2	2	8,5	23	4	9,5	9,9	2	13	20,6	8	22,5	14,4	2	14,5	46	62	304,7	27,5	
Итого	21	76	100	29	143	100	34	156	100	39	170	100	35	169,5	100	9	37	100	24	89,8	100	13	63	100	42	156	100	6	31,5	100	274	1145	100	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Разветвления 2-го порядка																																		
В прямо- линей- ном русле	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8,9	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8,9	0,4
В рукавах разветв- лений	-	-	-	2	1,5	1,2	-	-	-	1	0,6	3,7	-	-	-	-	-	-	1	4	4,2	1	20	3,5	-	-	-	-	-	-	5	26,1	2,2	
На излу- чах (на крыльях и в привер- шинных частях)	-	-	-	-	-	-	2	6,9	4,4	1	1,3	0,8	5	10,2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	15,7	10,1	1	3	9,5	14	36,1	3,1	
Всего	-	-	-	2	1,5	1,2	2	6,9	4,4	7	10,8	9,5	5	10,2	4,2				1	4	4,2	1	20	3,5	5	15,7	10,1	1	3	9,5	24	71,1	6,1	

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

Заключение

По условиям формирования русла Нижний Иртыш (от г. Омска до слияния с р. Тобол) разделяется на десять морфологических участков, отличающихся шириной поймы, взаимодействием русла с коренными берегами, распространением морфодинамических типов русла и изменением параметров его форм. Русло Нижнего Иртыша преимущественно меандрирует, почти треть его длины приходится на относительно прямолинейные участки, в начале участка широко распространены русловые (островные) разветвления. Все типы русла часто осложнены разветвлениями второго порядка, формирующимися как в привершинных частях излучин, так и на прямолинейных вставках между соседними большими излучинами.

Полученные результаты позволяют впервые получить общее представление об условиях формирования русла Нижнего Иртыша на участке от г. Омска до устья р. Тобол, дать его морфодинамическую характеристику, что является основой для разработки рекомендаций по управлению русловыми процессами при водохозяйственном и воднотранспортном освоении реки.

Список источников

1. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Т. 2. Природы и экологии Ханты-Мансийского АО. Ханты-Мансийск: Изд-во ХМАО, 2005. 152 с.
2. Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. М.: Высшая школа, 1968. 368 с.
3. Гендельман М.М. Исследование свободного меандрирования речных русел (на примере нижнего Иртыша) // Геоморфология. 1988. № 3. С. 38–46.
4. Герасимова А.С. Характеристика современных геологических процессов, развитых в долинах нижнего течения рек Оби и Иртыша // Вестник Московского ун-та. Сер. Биология, почвоведение, геология, география. 1959. № 2. С. 103–111.
5. Гординов А.В., Россомахин М.В. Поперечные уклоны водной поверхности затопления поймы (на примере р. Иртыша) // Труды ГГИ. 1961. Вып. 88. С. 109–124.
6. Дегтярев В.В. Изменение гидрологического режима Иртыша // Речной транспорт. 1968. № 12. С. 39–40.
7. Дегтярев В.В. Улучшение судоходных условий сибирских рек. М.: Транспорт, 1987. 176 с.
8. Диденко Б., Орлович-Грудков К. Влияние разработки русловых карьеров на режим свободных рек // Водный транспорт. 1969. № 3. С. 38–39.
9. Западная Сибирь. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.
10. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). Томск.: Изд-во ТГУ, 1976. 344 с.
11. Куракова А.А., Чалов Р.С. Морфодинамика русла нижнего Иртыша // Геоморфология. 2022. Т. 53. № 4. С. 99–109.
12. Куракова А.А. Размыты пойменных берегов Оби и Иртыша и их связь с морфологией русла // Географический вестник. 2022. № 1(60). С. 40–59.
13. Национальный Атлас России. Т. 2. Природа и экология. М.: ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР», 2004. 495 с.
14. Петров И.Б. Обь-Иртышская пойма (типизация и качественная оценка земель). Новосибирск: Наука, 1979. 136 с.
15. Русловой режим рек Северной Евразии (в пределах бывшего СССР). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. 336 с.
16. Русловые процессы на реках СССР. Масштаб 1:4000000. Для высшей школы (карта). М.: ГУГК СССР, 1990. 4 с.
17. Фиалков Д.Н. Эволюция русла Иртыша по материалам повторного картографирования // Труды Омского с.х. ин-та. 1963. Т.51. С. 116–122.
18. Чалов Р.С., Чалов С.Р. Структурные уровни русловых процессов и морфодинамические типы русел // Тридцать седьмое пленарное межвуз. координац. совещ. по пробл. эрозионных, русловых и устьевых процессов. Рязань. 2022. С. 170–173.
19. Ярных Н.А. Деформации русла и берегов на крутой излучине // Труды ГГИ. 1978. Вып. 252. С. 56–62.
20. Richards, K.S. Rivers: Form and process in alluvial channels. Methuen. London Publ., 1982. 360 p.

References

1. Atlas Hanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry. T. 2. Prirody i ekologii Hanty-Mansiyskogo AO [Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra. T. 2. Nature and ecology of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Izd. HMAO, Hanty-Mansiysk, Russia.
2. Voskresenskii, S.S. (1968), *Geomorfologiya SSSR* [Geomorphology of the USSR], Izd. Vyssh. Shkola, Moscow, Russia.
3. Gendel'man, M.M. (1988), Study of the free meandering of river channels (on the example of the lower Irtysh), *Geomorfologiya*, pp. 38–46.
4. Gerasimova, A.S. (1959), Characteristics of modern geological processes developed in the valleys of the lower reaches of the Ob and Irtysh rivers, *Vest. Mosk. un-ta. Ser. biologiya, pochvovedenie, geologiya, geografiya*, pp. 103–111.
5. Gordikov, A.V., Rossomahin, M.V. (1961), Transverse slopes of the water surface of floodplain flooding (on the example of the Irtysh River), *Trudy GGI*, pp. 109–124.
6. Degtiarev, V.V. (1968), Irtysh River hydrological regime change, *Rechnoj transport*, pp. 39–40.
7. Degtyarev, V.V. (1987), *Uluchshenie sudohodnykh uslovii sibirskih rek* [Improving the navigable conditions of Siberian rivers], Izd. Transport, Moscow, Russia.
8. Didenko, B., Orlovich-Grudkov, K. (1969), Influence of the development of channel quarries on the regime of free rivers, *Vodnyj transport*, pp. 38–39.
9. *Zapadnaya Sibir'* [Western Siberia], Izd. AN SSSR, Moscow, Russia.

Гидрология

Чалов Р.С., Куракова А.А., Завадский А.С., Камышев А.А.

10. Zemtsov, A.A. (1976), *Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoi ravniny (severnaya i tsestral'naya chasti)* [Geomorphology of the West Siberian Plain (northern and central parts)], Izd. TGU, Tomsk, Russia.
11. Kurakova, A.A. (2022), Riverbanks erosion of the Ob and the Irtysh and their connection with the river channel morphology, *Geograficheskij vestnik*, pp. 40–59.
12. Kurakova, A.A., Chalov, R.S. (2022), Morphodynamic types of the lower Irtysh, *Geomorfologiya*, pp. 99–109.
13. *Nacional'nyj Atlas Rossii. T. 2. Priroda i ekologiya*, Izd. FGUP «GOSGISCENTR», Moscow, Russia.
14. Petrov, I.B. (1979), *Ob'-Irtyshskaya poima (tipizatsiya i kachestvennaya otsenka zemel')* [Ob-Irtysh floodplain (typification and qualitative assessment of lands)], Nauka (Publ.), Novosibirsk, Russia.
15. *Ruslovoi rezhim rek Severnoi Evrazii* [Channel regime of the rivers of Northern Eurasia], Izd. MGU, Moscow, Russia, 1994.
16. *Ruslovyje processy na reках SSSR. Masshtab 1:4000000. Dlya vyshej shkoly (karta)* [Channel processes on the rivers of the USSR. Scale 1:4000000. For higher education (map)]. Izd. GUGK SSSR, Moscow, Russia.
17. Fialkov, D.N. (1963), Evolution of the Irtysh channel based on the materials of repeated mapping, *Trudy Omskogo s.h. in-ta*, pp. 116–122.
18. Chalov, R.S., Chalov, S.R. (2022), Structural levels of channel processes and morphodynamic types of channels, *Tridcat' sed'moe plenarnoe mezhev. koordinac. soveshch. po probl. erozionnyh, ruslovyh i ust'evykh processov*, pp. 170–173.
19. Yarnyh, N.A. (1978), Channel and bank deformations on a steep bend, *Trudy GGI*, pp. 56–62.
20. Richards, K.S. (1982), *Rivers: Form and process in alluvial channels*. Methuen. London Publ.

Статья поступила в редакцию: 14.11.2022; одобрена после рецензирования: 16.01.2023; принята к опубликованию: 06.03.2023.

The article was submitted: 14 November 2022; approved after review: 16 January 2023; accepted for publication: 6 March 2023.

Информация об авторах

Information about the authors

Роман Сергеевич Чалов

доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии суши, заведующий научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Roman S. Chalov

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Land Hydrology, Head of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: rschalov@mail.ru

Анна Александровна Куракова

кандидат географических наук, ведущий инженер научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Anna A. Kurakova

Candidate of Geographical Sciences, Lead Engineer, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, Russia, 119991

e-mail: a.a.kurakova@mail.ru

Александр Сергеевич Завадский

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Aleksandr S. Zavadskii

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: az200611@rambler.ru

Арсений Андреевич Камышев

кандидат географических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Arsenii A. Kamyshev

Candidate of Geographical Sciences, Junior Researcher, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: arsenii.kamyshev@yandex.ru

Вклад авторов

Чалов Р.С. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.
Куракова А.А. – сбор материала, обработка материала, написание статьи, работа с ГИС, создание иллюстраций.
Завадский А.С. – сбор материала, обработка материала.
Камышев А.А. – сбор материала, обработка материала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Roman S. Chalov – the idea; collecting of materials; data processing; writing of the article; scientific editing of the text.
Anna A. Kurakova – collecting of materials; data processing; writing of the article; work with GIS; creation of illustrations.
Aleksandr S. Zavadskii – collecting of materials; data processing.
Arsenii A. Kamyshev – collecting of materials; data processing.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.