

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

УДК 627.152.122

DOI: 10.15372/GIPR20210210

**Р.С. ЧАЛОВ, А.А. КАМЫШЕВ, А.С. ЗАВАДСКИЙ, А.А. КУРАКОВА**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
119899, Москва, Ленинские горы, 1, Россия, rschalov@mail.ru, arsenii.kamychev@yandex.ru,  
az200611@rambler.ru, a.a.kurakova@mail.ru

**МОРФОДИНАМИКА И ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
РУСЛА СРЕДНЕЙ ОБИ НА ШИРОТНОМ УЧАСТКЕ**

*Впервые приводится гидролого-морфологическая и морфодинамическая характеристика русла широтного участка средней Оби в пределах Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (выше устья р. Иртыш). Оценка русловых деформаций основывается на экспедиционных данных, полученных в 2018 г., анализе космических снимков, лоцманских карт и планов перекатных участков за различные временные интервалы. Определены морфодинамические типы русла, условия и закономерности их распространения и чередования по длине реки, особенности морфологии и динамики русла каждого из встречающихся морфодинамических типов: относительно прямолинейного, неразветвленного; пологих, крутых и прорванных излучин; одиночных, пойменно-русловых, сложных трехрукавных и сопряженных разветвлений. Впервые оценивается влияние разделения реки на два самостоятельных рукава, образующих раздвоенное русло, — правый, основной по водности, и левый, представленный системой протоков Юганская Обь, Большая Сальмская и Неулёва. Также впервые выделены сложные трехрукавные разветвления с меандрирующими рукавами. Выявлены различия в формировании излучин русла, излучин рукавов раздвоенного русла и русловых разветвлений. Анализ излучин производился как с использованием общепринятых в русловедении приемов, так и с применением статистических методов, позволивших получить эмпирические кривые обеспеченности и плотности распределения их основных морфологических параметров — радиусов кривизны, шагов и степеней развитости излучин. Рассмотрены разветвления разного типа, выявлена специфика сложности разветвлений в их сравнении с разветвлениями на вышерасположенных участках русла средней и верхней Оби.*

**Ключевые слова:** русловые процессы, раздвоенное русло, излучины, разветвления, перестроения, размывы берегов.

**R.S. CHALOV, A.A. KAMYSHEV, A.S. ZAVADSKY, A.A. KURAKOVA**

Lomonosov Moscow State University, 119899, Moscow, Leninskie gory, 1, Russia,  
rschalov@mail.ru, arsenii.kamychev@yandex.ru, az200611@rambler.ru, a.a.kurakova@mail.ru

**MORPHODYNAMICS AND HYDROLOGIC-MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS  
OF THE MIDDLE OB RIVERBED AT THE LATITUDINAL STRETCH**

*This article presents for the first time the hydrologic-morphological and morphodynamic characteristics of the river bed of the latitudinal stretch of the middle Ob within the Khanty-Mansiisk Autonomous Okrug — Ugra (upstream of the mouth of the Irtysh river). The assessment of the river bed deformations is based on the expedition-based data obtained in 2018, the analysis of satellite images, pilot charts and plans of channel bars for different time intervals. The morphodynamic types of river bed, the conditions and patterns of their distribution and alternation along the length of the river are determined; the characteristics of the river bed morphology and dynamics of each of the occurring morphodynamic types are assessed: a relatively straight line and unbranched; gentle, steep and straightening of rivers bends; single, floodplain-river bed, and complex three-branch and conjugate branching. For the first time, we assessed the impact of the river division into two independent branches forming the bifurcated river bed—the right river bed (the main as regards the discharge), and the left river bed, represented by the Yuganskaya Ob, Bolshaya Salymkaya and Neuliov river duct system. Also for the first time, complex three-branch forks with meandering branches are identified. Differences in the formation of the bends of the river bed, the bends of the branches of the forked river*

*bed and river bed branches are revealed. The analysis of the bends was carried out using conventional techniques as well as statistical methods which allowed us to obtain empirical curves of availability and distribution density of their main morphological parameters: the radii of curvature, and steps and degrees of development of the river bends. Forks of different types were considered and the specificity of the complexity of the forks was revealed by comparing them with forks in the upstream sections of the middle and upper Ob river bed.*

**Keywords:** river bed processes, forked river bed, bends, branching, reconfigurations, bank erosion.

## ВВЕДЕНИЕ

Средняя Обь в пределах ХМАО-Югры относится к рекам, русловой режим которых практически никогда не изучался. Здесь проводились лишь эпизодические изыскания при проектировании берегоукрепления и строительстве набережной в Нижневартовске, переходов трубопроводов, линий электропередач, железнодорожного и автомобильного мостов в Сургуте, выполнялись съемки отдельных перекаатов по трассе водного пути, составлялись лоцманские карты. В 1976 г. было выполнено сравнение лоцманских карт за различные годы в работе О.И. Баженовой [1]. В 1990-е гг. Томской геолого-разведочной экспедицией проводились мониторинговые наблюдения за размывом берегов на стационарах в районе Нижневартовска, уже в XXI веке они были продолжены Нижневартовским университетом. Разработка карт русловых процессов для «Атласа Ханты-Мансийского округа – Югры» [2] проводилась на основе имеющихся топографических и лоцманских карт, космических снимков.

Летом 2018 г. экспедиция научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева Московского государственного университета впервые провела на средней Оби специальные русловые исследования от с. Соснино (граница Томской области и ХМАО-Югры), что позволило существенно уточнить типизацию русла, определить водность рукавов и проток, дополнить существующие представления о морфологии всего участка реки в целом и отдельных его частей. Кроме того, был выполнен анализ перестроенных русла по разновременным картам, космическим снимкам и имеющимся планам русла, что позволило получить достаточно полную характеристику руслового режима реки. Опубликованные ранее материалы по участку средней Оби в пределах Томской области [3], карты в «Атласе...» [2], многочисленные публикации по верхней Оби, монографии [4] и [5] и обобщенные в настоящей статье исследования способствовали признанию Оби в качестве наиболее изученной в отношении русловых процессов больших и крупнейших рек России.

В настоящей статье приводятся основные результаты проведенных исследований средней Оби на ее широтном участке (в пределах ХМАО), характеризующемся рядом специфических особенностей: раздвоенным руслом, преобладанием свободного меандрирования как реки в целом, так и рукавов раздвоенного русла, наличием очень широкой регулярно затопляемой во время половодья поймы (соотношение ширины поймы  $B_n$  к ширине русла  $B_n/b_p$  достигает  $39 \text{ км}/1,5 \text{ км} = 26$ ), многочисленными, но сравнительно простыми разновидностями разветвлений русла и рядом других особенностей, отличающих Обь от других больших и крупнейших рек.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА

В пределах ХМАО (до устья р. Иртыш) р. Обь (рис. 1, а) принимает большое количество сравнительно небольших притоков, среди которых выделяются Вах, впадающий в правый рукав раздвоенного русла, Тромъёган, Пим, Лямин, Назым, и левые рукава — Большой Юган и Салымская протока. Порядок реки по схеме кодировки А. Шайдегера в модификации Н.И. Алексеевского [6] возрастает от 17,47 в начале участка до 17,53 перед впадением Иртыша, что свидетельствует о незначительном увеличении водности реки. На участке находятся три гидрологических поста — Нижневартовск, Сургут и Нефтеюганск (в Юганской протоке), на которых ведутся только уровенные наблюдения.

Среднемноголетний и максимальный расход воды перед впадением Иртыша составляет 7350 и 29 800 м<sup>3</sup>/с соответственно. Питание реки преимущественно снеговое. Его доля — 55 %, дождевых осадков — 25, подземных вод — 20 %. Во время весеннего половодья проходит 50–55 % стока реки, в летне-осенний период — 35–40, за зимний период — 10–15 %. Режим реки характеризуется высоким растянутым весенне-летним половодьем, повышенным стоком в летне-осенний период и глубокой зимней меженью. При высоких подъемах уровня воды затопляется вся пойма. Минимальные уровни наблюдаются в феврале–марте. Годовые колебания уровней, по данным наблюдений на гидропосту Александровское (выше устья р. Вах), достигают 12 м [4]. При слиянии с Иртышом формируется подпор, распространяющийся вверх по Оби на 200–400 км [4].

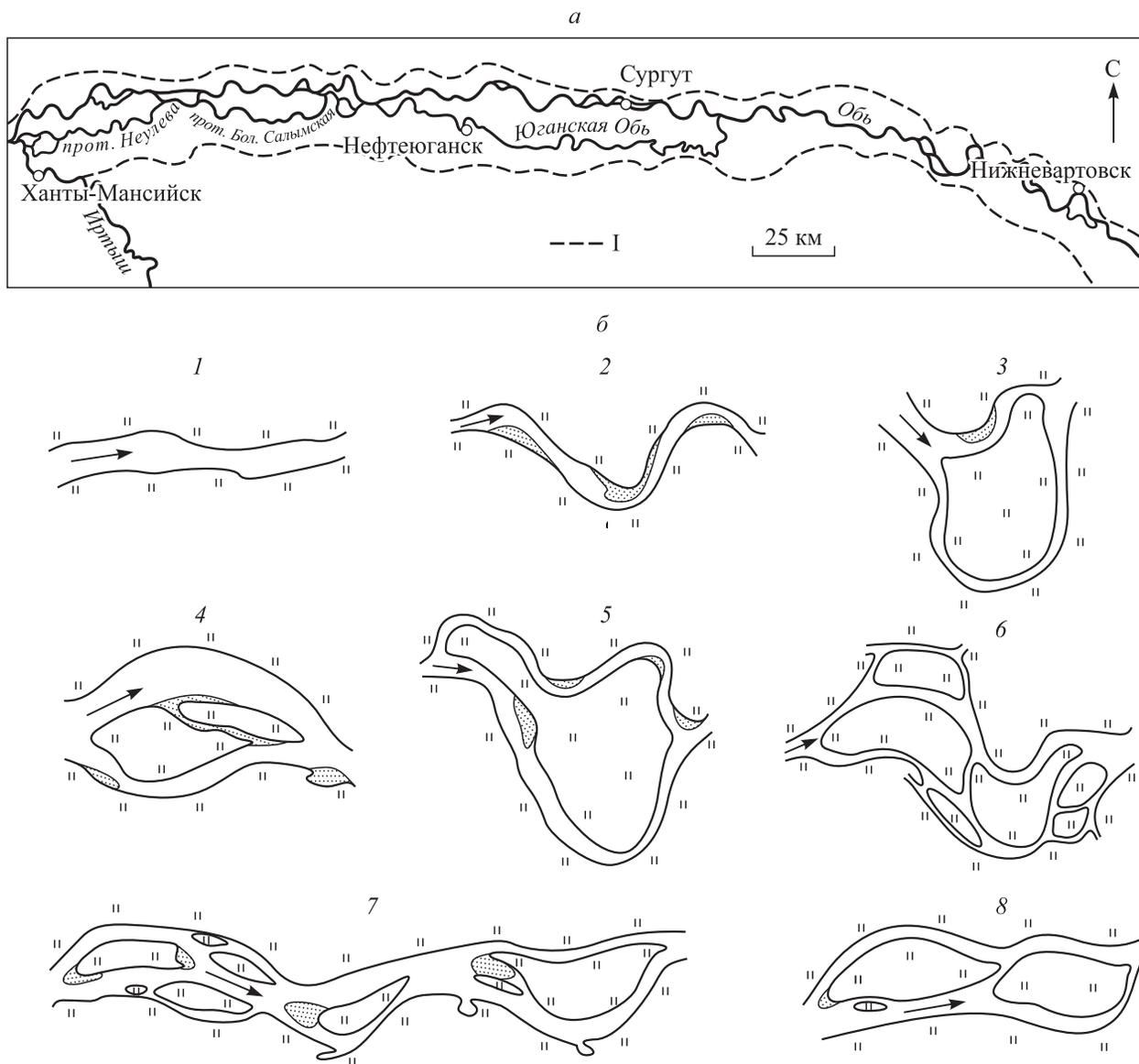


Рис. 1. Схема широтного участка средней Оби в пределах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (а) и морфодинамические типы русла средней Оби (широтный участок) (б).

I — границы поймы Оби. 1 — относительно прямолинейное, неразветвленное (1740–1728 км); 2 — пологие излучины (1610–1587 км); 3 — прорванная излучина (1647–1640 км); 4 — одиночное разветвление (Тармуготовское, 1572–1564 км); 5 — дворукавное пойменно-русловое разветвление (Нижневарттовское, 1715–1693 км); 6 — сложное трехрукавное разветвление с меандрирующими рукавами (Кирьяское–Конное, 1678–1660 км); 7 — сопряженные разветвления (Сургутское, 1479–1448 км); 8 — сдвинутое сопряженное разветвление (Коммунарское–Покурское, 1630–1610 км).

Руслоформирующие расходы воды  $Q_{\phi}$  (в трактовке Н.И. Маккавеева – Р.С. Чалова) имеют два пика, один из которых проходит при затопленной пойме [7]. Объем воды, проходящий во время половодья по пойме (около 60 %), превышает объем стока в русле реки [8].

### МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ РУСЛА

Отличительной особенностью средней Оби на широтном участке является раздвоенное русло, которое начинается выше Сургута и продолжается до устья Иртыша, составляя 60 % его длины. Основной, больший по водности (до 70 % общего расхода воды в реке) рукав в раздвоенном русле —

правый, который характеризуется таким же чередованием морфодинамических типов русла, как и русло на вышерасположенном участке (до его раздвоения). Вторые рукава в раздвоенном русле — Юганская Обь, Большая Салымская протока и протока Неулёва, образующие, по сути, единую систему, — имеют преимущественно меандрирующее русло, в котором единичные разветвления и короткие прямолинейные отрезки занимают подчиненное положение. Протока Неулёва впадает в Иртыш, разделяясь на три рукава, устья которых находятся выше слияния с Иртышом правого рукава Оби.

На Оби выше истока Юганской Оби и в основном, правом рукаве раздвоенного русла сложно чередуются по длине морфодинамические типы русла: относительно прямолинейное неразветвленное, пологие и развитые сегментные излучины, одиночные, пойменно-русловые и сопряженные разветвления (см. рис. 1, б). При этом отвлечение части стока в левые рукава раздвоенного русла практически не сказывается на изменении параметров его форм (излучин, разветвлений), так как находится в пределах величины рассредоточения стока по многочисленным пойменным протокам (ответвлений). Так, на участке от с. Соснино до истока Юганской Оби их суммарная водность составляет 20–25 % от общего расхода воды во время половодья, тогда как Юганская Обь на заходе забирает всего 19 % и лишь к устью возрастает почти до 40 %, в том числе благодаря впадению в нее притока — р. Большой Юган.

Наиболее распространенным типом русла являются излучины — 46,9 % от общей длины русла (табл. 1), среди которых абсолютно преобладают (93,1 %) пологие и развитые. Прорванные излучины (их всего три) при суммарной длине 19 км составляют 3,2 % от протяженности широтного участка средней Оби и 6,9 % от длины меандрирующего русла. Излучины имеют в большинстве своем небольшую степень развитости  $l/L$  — от 1,1 до 1,5. Прорванные излучины образовались при  $l/L > 1,7$ . Особенностью многих излучин является наличие островов в их привершинных частях или на нижних крыльях, реже — на верхних. Протоки за этими островами, как правило, маловодные, многие из них пересыхают в межень. Спрявление таких излучин происходит при развитии проток за островами, если  $l/L$  излучин превышает значение 1,4. Разветвленное русло (не считая второстепенных разветвлений на излучинах, рукавов раздвоенного русла и пойменных ответвлений) занимает 41,5 % длины широтного участка средней Оби (244 км), причем наибольшую протяженность имеют пойменно-русловые разветвления, суммарная длина которых составляет 124 км (21,5 % длины русла). На сопряженные разветвления приходится 11,2 % длины участка. Всего их три, из которых два сдвинутые, состоящие из двух звеньев, хвосты верхнего острова и оголовки нижнего заходят один за другой. Одно, наиболее протяженное (31 км) разветвление — Сургутское — состоит из трех звеньев. Односторонние разветвления занимают всего 8,8 % длины широтного участка средней Оби. Пойменно-русловые разветвления, столь характерные для Оби от устья р. Томи до границы ХМАО-Югры (11 форм, 18,9 %

Таблица 1

**Распространение морфологических типов русел средней Оби от с. Соснино до устья р. Иртыш и правых судоходных рукавов раздвоенного русла (без Юганской Оби, Большой Салымской протоки и протоки Неулёва)**

Параметр	Прям. неразв.	Излучины			Разветвления					Всего
		прорв.	св.	Σ	од.	пойменно-русловые		сопр.	S	
						двухрук.	слож. трехрук. с меандр. рук.			
Длина, км	68	19	257	276	52	65	61	66	244	588
% от суммарной длины	11,6	3,2	43,7	46,9	8,8	11,1	10,4	11,2	41,5	100
% от длины русла с данным морфодинамическим типом	100	6,9	93,1	100	21,3	26,7	25,0	27,0	100	100
Количество, ед.	7	3	37	40	6	4	3	3	16	63
% от суммарного количества форм русла	11,1	4,8	58,7	63,5	9,5	6,3	4,8	4,8	25,4	100

Примечание. Прям. неразв. — прямолинейное неразветвленное русло. Излучины: прорв. — прорванные; св. — свободные. Разветвления: од. — одиночные, двухрук. — двухрукавные, слож. трехрук. с меандр. рук. — сложное трехрукавное с меандрирующими рукавами, сопр. — сопряженные.

от общей длины и 56,2 % от длины разветвлений) [3] здесь представлены всего семью образованиями, причем верхние два находятся в переходных условиях от вышерасположенного субмеридионального к широтному участку, а три представлены сложными трехрукавными разветвлениями с меандрирующими рукавами (Кирьяское – Конное, Быстринское, Сатоминское – Салымское), в которых каждый их трех рукав образует серию (3–5) излучин (см. рис. 1, б, б). Они сформировались из прорванных излучин, старые русла которых продолжают функционировать, а в спрямляющих рукавах развиваются крутые сегментные и петлеобразные излучины. Эта разновидность пойменно-русловых разветвлений встречается только выше раздвоенного русла и на коротком участке между устьем Юганской Оби и заходом в Большую Салымскую протоку, занимая практически всю его длину (26 км).

Для сдвинутых сопряженных разветвлений (Коммунарское – Покурское, Пимское – Ляминское) характерно стабильное сосредоточение расходов воды в одной системе рукавов (в данном случае — правых). В одиночных и сопряженных разветвлениях река, огибая образующие их острова, создает, как правило, изгибы, по сути одиночные или смежные (в сопряженных разветвлениях) пологие излучины. Лишь в некоторых из них один из рукавов является прямым продолжением вышерасположенного прямолинейного русла или крыла излучины и имеет прямолинейные очертания. В этих случаях на них, как и на пойменно-русловых разветвлениях, рукава которых меандрируют, определялись параметры, применяющиеся для характеристики излучин.

Прямолинейное неразветвленное русло имеет сравнительно малую протяженность — 68 км, что составляет 11 % длины участка. Для прямолинейных русел характерны вторичные разветвления, образованные небольшими островами, которые не меняют общей конфигурации русла, а их параметры (ширина, длина) составляют менее 0,4 ширины русла в целом.

Наиболее протяженные, морфологически однородные участки с одним типом русла — относительным прямолинейным неразветвленным — находятся на отрезке 1517–1499 км, где ответвляется Юганская Обь, и выше слияния с Иртышом (1177–1162 км), где основной рукав реки от устья Назыма проходит вблизи правого коренного берега.

Для всей средней Оби на широтном участке характерна многочисленность пойменных ответвлений. Количество пойменных протоков, расчленяющих пойму, коррелирует с шириной поймы: при ее увеличении их количество, а следовательно, и совокупная морфодинамическая сложность русла возрастают. Среди пойменных протоков выделяются протоки Кирьяс (доля расхода — 16 %), Мега (9), Локосовская (12), Усть-Лагарма (9), Пеньковская (20 %). В одном поперечнике через всю пойму от одного борта долины до другого насчитывается иногда до семи пойменных протоков.

### ГИДРОЛОГО-МОРФОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РУСЛА

**Анализ излучин русла, основных рукавов раздвоенного русла и рукавов разветвлений.** Исследования излучин на крупнейших реках до последнего времени носили эпизодический характер [9]. Лишь в последнее время выполнено детальное изучение излучин русла на верхней и средней Оби (от слияния Бии и Катунь до границы Томской области и ХМАО [5]). Однако изменения гидрологических и в целом природных условий и, как следствие, руслового режима по длине реки не позволяют экстраполировать полученные результаты даже по средней Оби, от устья Томи до границы ХМАО, на ее широтный участок до слияния с Иртышом.

По космическим снимкам, разновременным лоцманским картам и натурным данным для всех излучин Оби в пределах широтного участка был определен их тип (сегментная, петлеобразная, прорванная; пологая, развитая или крутая) и параметры ( $L$  — шаг,  $l$  — длина по руслу,  $r$  — радиус кривизны,  $l/L$  — степень развитости в разных стадиях развития). Для выявления связей между параметрами излучин и водностью рассчитывался порядок реки (по Шайдегеру–Алексеевскому [6]). Увеличение порядка реки и ее водности на широтном участке незначительно, что делает нецелесообразным его разделение на отрезки по местам впадения основных притоков. Поэтому анализ излучин осуществлялся для всей средней Оби на широтном участке с учетом ответвления рукавов раздвоенного русла (табл. 2).

Радиус кривизны и шаг излучин единого (неразветвленного) русла выше истока Юганской Оби больше, чем таковые излучин правого (основного) рукава раздвоенного русла, и еще больше, чем радиус кривизны и шаг излучин рукавов разветвлений (средние значения  $r$  равны 3,72, 3,57 и 2,18; средние значения  $L$  — 5,88, 5,29 и 3,82 соответственно). Степень развитости  $l/L$  значительнее у излучин рукавов разветвлений, а ее амплитуда — в четыре раза больше по сравнению с излучинами

Таблица 2

Параметры излучин на широтном участке средней Оби

Значение параметра	Параметр					
	$r$	$l$	$L$	$l/L$	$h_n$	$r/h_n$
Излучины единого (нераздвоенного) русла от с. Соснино до истока Юганской Оби						
Среднее	3,72	7,29	5,88	1,24	1,69	2,77
Минимальное	2,32	5,02	4,40	1,10	0,70	1,10
Максимальное	5,70	11,25	9,00	1,40	2,70	7,13
Излучины правого (основного) рукава раздвоенного русла						
Среднее	3,57	6,46	5,29	1,22	1,55	2,79
Минимальное	1,81	4,18	3,80	1,10	0,70	0,77
Максимальное	6,18	11,25	9,00	1,46	2,70	8,83
Излучины рукавов в разветвлениях русла						
Среднее	2,18	5,22	3,82	1,37	1,55	2,20
Минимальное	0,74	1,86	1,30	1,10	0,30	0,38
Максимальное	5,00	14,63	9,00	2,74	5,90	7,65

Примечание. Усл. обозн. — см. в тексте.  $h_n$  — стрела прогиба.

русла и рукавов раздвоенного русла. Сравнение этого параметра для русла выше истока Юганской Оби и основного рукава раздвоенного русла показало их неизменность как по среднему значению, так и по амплитуде, поскольку отвлечение 20–30 % расхода воды в Юганскую Обь и ее продолжение (протоки Большую Салымскую и Неулёва) равноценно рассредоточению расхода воды по многочисленным пойменным протокам и поэтому не оказывает влияния на морфологические характеристики русла.

Средние значения стрелы прогиба излучин  $h_n$  (1,69) максимальны для русла выше начала его раздвоения. Для изгибов (излучин) рукавов разветвлений характерна высокая дифференциация значений этого показателя. Средние значения показателя формы излучин  $r/h_n$  приблизительно одинаковы для единого русла и для основного рукава раздвоенного русла (2,77 и 2,79), но в разветвлениях величина показателя снижается (2,20).

Большинство излучин русла и основных рукавов раздвоенного русла являются пологими сегментными. Для рукавов одиночных и сопряженных разветвлений характерны только пологие. Крутые, в том числе петлеобразные, излучины встречаются только в меандрирующих рукавах сложных трехрукавных разветвлений.

Параметры излучин — шаг радиуса кривизны и степень развитости — были подвергнуты статистической обработке для определения функций их распределения и эмпирических кривых обеспеченностей. Для этого все излучины Оби основного правого рукава раздвоенного русла и излучины рукавов разветвлений были сгруппированы в ряды и ранжированы по значениям параметров, соответствующих типам излучин по степени их развитости [9]. Для каждого интервала были определены частота  $m_i$  (количество излучин, приходящихся на  $i$ -й интервал) и доля излучин, приходящихся на  $i$ -м интервале в суммарном количестве излучин  $m_i/n$ . Полученные значения представлены в виде гистограмм (рис. 2), характеризующих распределение излучин по интервалам, и эмпирических кривых распределения. Подобный анализ в свое время применил И.В. Попов [10] для обоснования выделенных в классификации Государственного гидрологического института типов русловых процессов.

Кривая, огибающая гистограммы, дает график плотности распределения. Для радиусов кривизны и шагов излучин русловых разветвлений характерна асимметричная форма распределения со смещением влево, тогда как для данных параметров излучин неразветвленного русла и рукавов раздвоенного русла — практически симметричная. В то же время распределение всех излучин по степени развитости показывает абсолютное преобладание пологих излучин ( $l/L < 1,4$ ).

Сравнение излучин русла и основных рукавов раздвоенного русла с излучинами в разветвлениях показывает, что у последних преобладают пологие излучины. Заметное увеличение доли крутых излучин с высокой степенью развитости в русловых разветвлениях связано исключительно со сложными трехрукавными разветвлениями, рукава которых активно меандрируют. Отмечается уменьшение величин всех параметров — среднего арифметического, среднеквадратичного отклонения и медианных

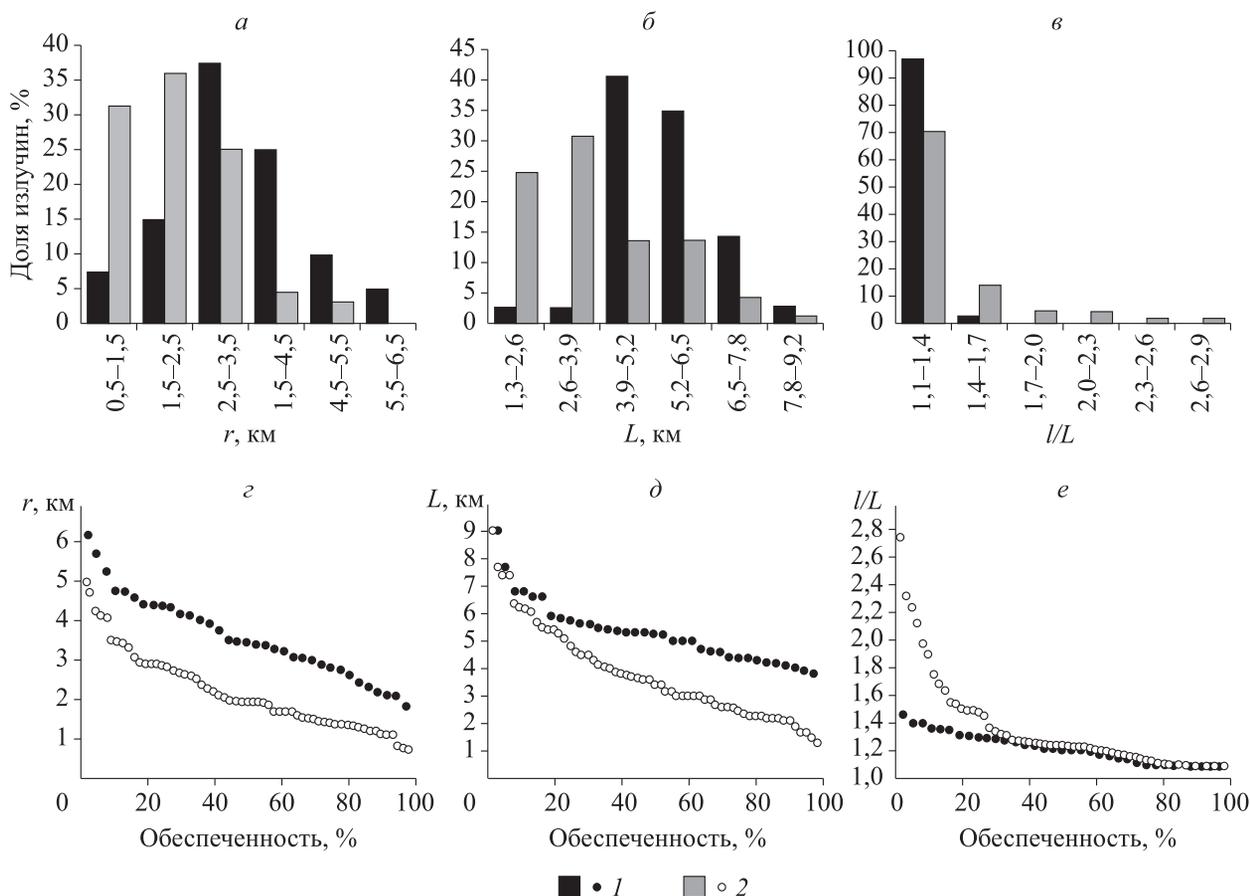


Рис. 2. Гистограммы встречаемости и эмпирические кривые обеспеченности параметров излучин единого и раздвоенного русла (1) и разветвленного русла (2).

Параметры излучин: а, з — радиус кривизны; б, д — шаг; в, е — степень развитости.

значений у излучин рукавов в разветвлениях. Также для всех параметров характерно превышение значений среднего арифметического над медианой, что обусловлено высокими значениями «отскакивающих» точек и отсутствием крайне низких значений из-за величины реки и физических особенностей процесса меандрирования.

**Анализ разветвлений.** Основным параметром, характеризующим сложность разветвлений, является отношение количества островов к длине участка реки  $n_0/l$  [11]. Полученная картина (рис. 3, а) показывает незначительную дифференциацию данного параметра с общей тенденцией его уменьшения по длине реки. Данный тренд прослеживается на участке от Новосибирского водохранилища, а возможно, и несколько выше по течению [5]. Очевидно, что это отражает общее увеличение устойчивости русла: среднее значение числа Лохтина выше устья Томи  $L = 6,3$ , ниже устья Томи  $L = 6,7$  [4], на широтном участке  $L = 6,8$  (в районе Сургута), перед слиянием с Иртышом  $L = 6,9$ . Эта тенденция связана с увеличением размеров островов, образующих разветвления русла, и сокращением вторичных разветвлений, которые на данном участке реки встречаются очень редко.

Средняя сложность разветвлению  $n_0/l$  составляет 0,18, что является минимальным показателем для верхней и средней Оби. На широтном участке в сложных трехрукавных разветвлениях с меандрирующими рукавами  $n_0/l = 0,15$ , в сопряженных разветвлениях —  $n_0/l = 0,19$ , одиночных —  $n_0/l = 0,21$ , в двухрукавных пойменно-русловых —  $n_0/l = 0,12$ , что в целом аналогично показателям для средней Оби от устья Томи до с. Соснино.

Сокращение сложности разветвлений  $n_0/l$  компенсируется увеличением количества пойменных проток (ответвлений) различного размера (от самых малых до забирающих до 10–20 % расхода воды во время половодья) и формированием раздвоенного русла. Так, выше устья Томи пойменные от-

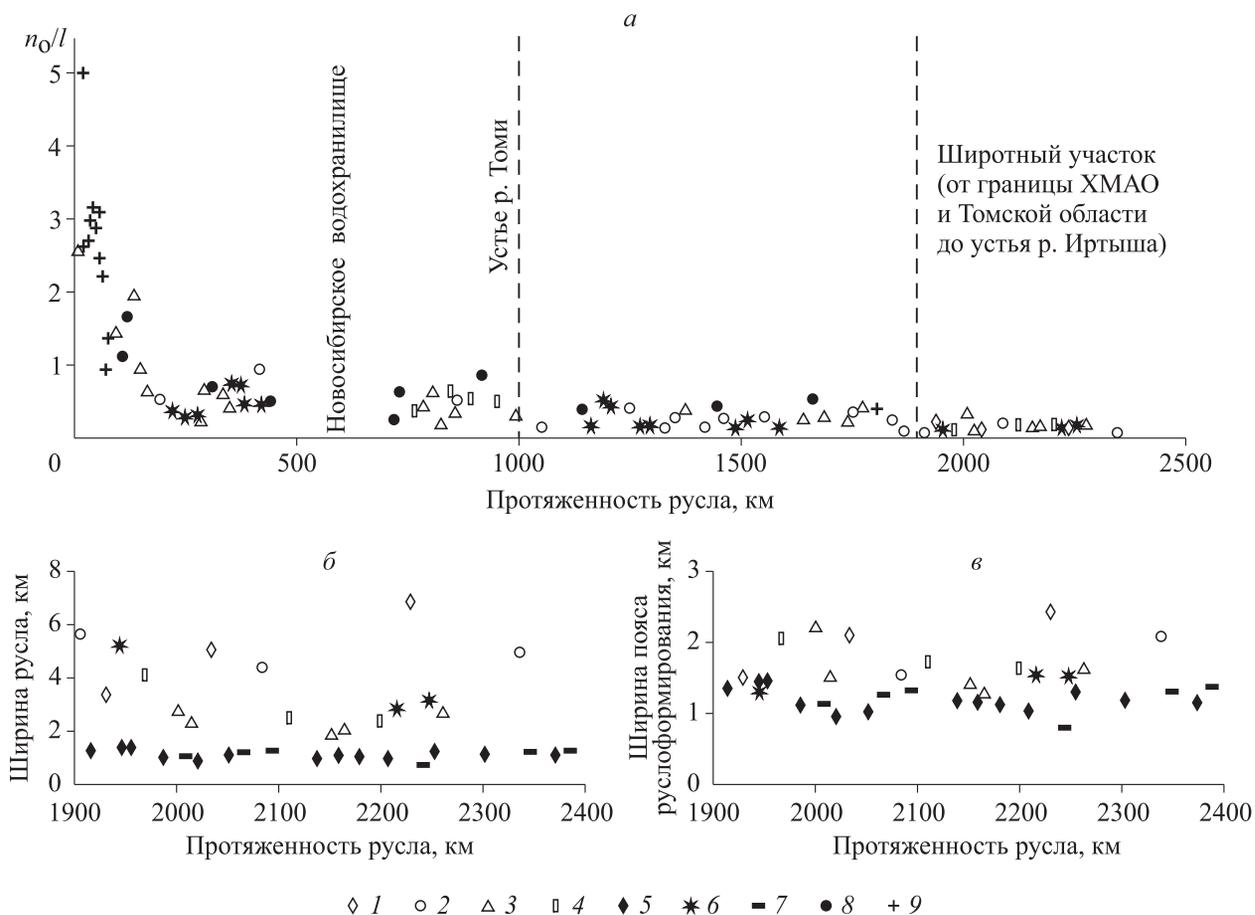


Рис. 3. Изменения сложности разветвлений по длине Оби от слияния Бии и Катунь до устья Иртыша [5] (а), ширина русла вместе с островами (б) и без островов (в).

Разветвления: 1 — сложные трехрукавные с меандрирующими рукавами, 2 — пойменно-русловые двухрукавные, 3 — одиночные, 4 — сопряженные. Излучины: 5 — свободные, 6 — прорванные. 7 — прямолинейное неразветвленное русло, 8 — односторонние, 9 — параллельно-рукавные разветвления.

ветвления вообще отсутствуют, между устьями рек Томи и Кети появляются единичные маловодные пойменные протоки, но в пределах широтного участка средней Оби число пойменных проток (с учетом второго рукава раздвоенного русла) составляют от трех до семи.

Наибольшая ширина русла вместе с островами (см. рис. 3, б) и без учета островов (см. рис. 3, в) максимальна для сложных трехрукавных с меандрирующими рукавами и двухрукавных пойменно-русловых разветвлений. Минимальные ширины приходятся на меандрирующее и относительно прямолинейное неразветвленное русло. При этом их величина в пределах колебания для разветвлений любого типа остается практически неизменной почти по всей длине средней Оби (между устьем Чулыма и слиянием с Иртышом), что связано с незначительностью увеличения водности и, соответственно, порядка реки при впадении притоков.

### ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА И РАЗМЫВ БЕРЕГОВ

Относительно высокая устойчивость русла на широтном участке средней Оби обуславливает невысокие темпы его деформаций. За последние 50 лет они проявлялись в основном в смещениях и на некотором увеличении степени развитости  $l/L$  излучин русла, излучин рукавов пойменно-русловых разветвлений, изгибов русла возле островов одиночных и сопряженных разветвлений при сохранении ими преимущественно пологой формы, искривлении подходов потока к узлам разветвлений вследствие надвигания на них побочной с вышерасположенных участков прямолинейного неразветвленного

русла. Лишь местами переформирования русла привели к заметным морфологическим изменениям. В XX в. произошло спрямление крутых сегментных и образование прорванных излучин на участке 1547–1640 км ( $l/L = 3,2$ ) и (Сахалинской) на участке 1318–1313 км ( $l/L = 2,2$ ), а также во всех сложных трехрукавных разветвлениях с меандрирующими рукавами. В последних, кроме того, происходило развитие поперечных протоков между рукавами, перераспределение расходов воды между ними, развитие, активное искривление и углубление одних и обмеление других рукавов, сопровождавшееся изменением положения трассы судового хода.

В Лобановском и Термуговском одиночных разветвлениях произошло развитие, соответственно, правого и левого рукавов из-за надвижения к ним массивных побочней с вышележащего участка, что привело к переносу в эти рукава судового хода. То же произошло в сопряженном Коммунарском–Покурском разветвлении, вследствие чего здесь восстановилось распределение расходов воды в рукавах по правилу «восьмерки» [12]: большая водность правого рукава в верхнем Коммунарском звене и левого в нижнем Покурском.

Существенные переформирования русла, по масштабу сопоставимые с деформациями рукавов сложных трехрукавных разветвлений с меандрирующими рукавами, произошли в Сургутских сопряженных разветвлениях, образованных тремя следующими друг за другом островами: Черным, Раздорным и Тюменцевым (рис. 4, а). Здесь к 2016–2017 гг. преимущественное развитие в верхнем звене получил правый рукав, водность которого возросла до 68 % и в него был перенесен судовый ход. Это повлекло за собой переформирования в левом рукаве у о. Раздорного протоки Прямой, откуда стрежень потока стал направляться в правый рукав нижнего звена у о. Тюменцева — протоку Старая Обь, тогда как левый судоходный (протока Малая Романовская) оказался вне основного направления течения, доля расхода в нем сократилась до 30 %. В этом рукаве при строительстве мостовых переходов

через Обь с судоходными пролетами вдоль левого берега была разработана капитальная прорезь, что отвечало состоянию русла в то время. Происходящие переформирования не только «возвращают» судовый ход в правый рукав — Старую Обь (здесь он находился до строительства мостов), но и оставляют судоходные пролеты в области замедления течения и способствуют размыву русла в правобережной его части (см. рис. 4, б). Это создает не только определенные трудности в эксплуатации водного пути, но и, возможно, аварийную ситуацию на мостовых переходах.

Все переформирования русла сопровождаются размывами берегов, средняя скорость которых составляет 3,2 м/год (по данным сопоставления разновременных космических снимков, что практически совпадает со стационарными наблюдениями —

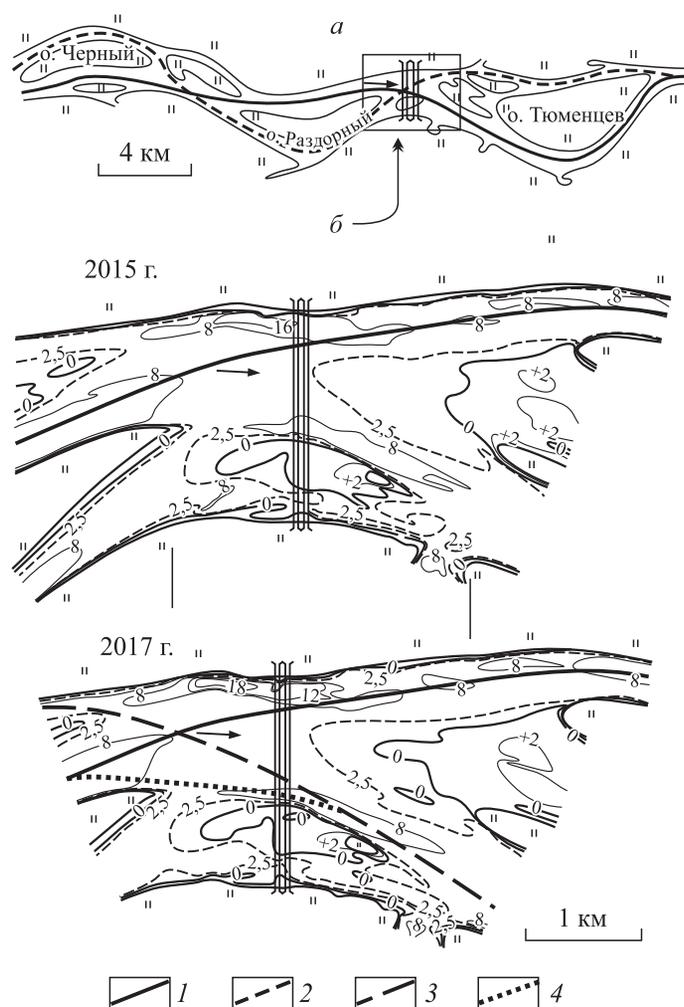


Рис. 4. Переформирования Сургутских сопряженных разветлений.

а — план русла и основные положения стрежня потока (в квадрате выделен узел сопряженных рукавов второго и третьего звеньев); б — возможные изменения положения стрежня потока в узле сопряжения второго (о. Раздорный) и третьего (о. Тюменцев) звеньев. 1 — существующий судовый ход (2018 г.); 2, 3 — его возможные изменения в связи с переформированиями сопряженных рукавов; 4 — судовый ход до 2015 г.

2,9 м/год [13]), изменяясь в пределах от 1,4 до 5,5 м/год. Самые большие средние скорости размыва берегов (3,4 м/год) отмечены в трехрукавных разветвлениях с меандрирующими рукавами и на излучинах русла, в них же зафиксированы экстремально высокие скорости — 18 и 12 м/год. Наименьшие (2,6–2,5 м/год) скорости размыва характерны для относительно прямолинейного неразветвленного русла (напротив побочной) и одиночных разветвлений.

Протяженность фронта размыва и ее отношение к суммарной длине береговой линии на морфологически однородных участках также наибольшая на излучинах русла (211,7 км и 41,9 %) и в сложных трехрукавных разветвлениях (96,5 км и 32,3 %), наименьшая — в прямолинейном неразветвленном русле (30,6 км и 26 %) и в прорванных излучинах (22,2 км, 27,9 % береговой линии). В ряде случаев происходит местная активизация размыва берегов: при сливе воды с поймы к вогнутому берегу излучины, при слиянии с пойменными протоками и т. д.

В Нижневартовске построена городская набережная по вогнутому берегу правого рукава Вартовской Оби. Берегоукрепление сделано также в пос. Сотомино, дер. Вах. В пос. Высокий Мыс, который находится на вогнутом берегу в привершинной части пологой излучины, берег размывается со скоростью 5–7 м/год, что создает чрезвычайную обстановку из-за угрозы разрушения жилых зданий. Еще 20–25 лет назад фронт размыва находился выше поселка, но по мере смещения излучины он распространяется на него.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований русловых процессов на широтном участке средней Оби в пределах Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, по существу, закрывают пробел в региональном русловедении. Результаты показали, что русло крупнейшей реки в свободных условиях развития русловых деформаций меандрирует, формируя преимущественно пологие излучины. Это заключение опровергает существующее представление об абсолютном преобладании на таких реках разветвлений. В то же время средняя Обь разделяется на два самостоятельных водотока, расположенных в разных частях днища долины и образующих раздвоенное русло. Однако длительное и глубокое затопление широкой поймы во время половодья и ее расчленение многочисленными сравнительно маловодными протоками — ответвлениями — создает гидролого-морфодинамическое однообразие русла и основного по водности рукава раздвоенного русла, формируя в них достаточно простые морфологические типы разветвлений. Излучины русла составляют почти половину широтного участка средней Оби, а с учетом излучин пойменно-русловых разветвлений абсолютно преобладают. Излучины, благодаря огромной водности потока, в основном относятся к категории пологих сегментных, и лишь в рукавах разветвлений встречаются крутые. Поэтому очень редки прорванные излучины, образование которых происходит лишь при спрямлении крутых сегментных излучин и которые в основном встречаются в рукавах сложных трехрукавных разветвлений.

Выявление закономерности русловых переформирований на широтном участке средней Оби имеет большое значение при транспортном освоении реки, прокладке через них коммуникаций, использовании водных и связанных с ними земельных ресурсов, предотвращении опасных проявлений русловых процессов.

*Работа выполнена в рамках НИР (государственного задания) Московского государственного университета при финансовой поддержке Российского научного фонда (18-17-00086) и Российского фонда фундаментальных исследований (18-05-00487).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баженова О.И.** Развитие излучин и современные геоморфологические процессы на средней Оби // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. — 1976. — Вып. 50. — С. 64–71.
2. **Атлас Ханты-Мансийского автономного округа — Югры.** Т. 2: Природа. Экология / Отв. ред. В.А. Дикунец, Т.В. Котова, В.Н. Макеев, В.С. Тикунов. — Ханты-Мансийск; М.: ООО НПФ «Талка-ТДВ», 2004. — 152 л.
3. **Чалов Р.С., Завадский А.С., Камышев А.А., Михайлова Н.М., Рулева С.Н.** Морфодинамические типы русла и развитие излучин реки Оби (в пределах Томской области) // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 81–91.
4. **Русловые процессы и водные пути на реках Обского бассейна** / Ред. Р.С. Чалов, Е.М. Плескевич, В.А. Баула. — Новосибирск: РИПЭЛ-плюс, 2001. — 300 с.

5. **Чалов Р.С., Рулева С.Н., Камышев А.А., Беркович К.М., Завадский А.С., Михайлова Н.М.** Верхняя и средняя Обь: русловые процессы и оценка условий управления ими // Эрозия почв и русловые процессы. — 2018. — Вып. 20. — С. 149–194.
6. **Алексеевский Н.И.** Формирование и движение речных наносов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. — 203 с.
7. **Чалов Р.С.** Географические исследования русловых процессов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 232 с.
8. **Барышников Н.Б.** Проблемы морфологии, гидрологии и гидравлики пойм. — СПб.: Изд-во Рос. гидромет. ун-та, 2012. — 426 с.
9. **Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В.** Речные излучины. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. — 371 с.
10. **Попов И.В.** Деформации речных русел и гидротехническое строительство. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 328 с.
11. **Алексеевский Н.И., Чалов С.Р.** Гидрологические функции разветвленного русла. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. — 240 с.
12. **Труды** Центрального научно-исследовательского института экономики и эксплуатации водного транспорта. Вып. 36: Проектирование судовых ходов на свободных реках / Под общ. ред. Н.И. Маккавеева. — М.: Транспорт, 1964. — 262 с.
13. **Коркин С.Е., Исыпов В.А.** Многолетний мониторинг русловых деформаций реки Обь на примере ключевого участка «Усть-Вахский» // Эволюция эрозионно-русловых систем, ее хозяйственно-экономические и экологические последствия, прогнозные оценки и учет. — Уфа: Аэтерна, 2017. — С. 156–158.

*Поступила в редакцию 15.07.2019*

*После доработки 06.08.2019*

*Принята к публикации 25.12.2020*