

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 627.152.122

ОСОБЕННОСТИ РАССРЕДОТОЧЕНИЯ СТОКА ВОДЫ И ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В ПОЛОВОДЬЕ В РАЗДВОЕННОМ РУСЛЕ НИЖНЕЙ ОБИ (В ПРЕДЕЛАХ ХМАО-ЮГРЫ)¹

© 2021 г. Р. С. Чалов^{a, *}, А. А. Камышев^{a, **}, А. А. Куракова^{a, ***}, А. С. Завадский^{a, ****}

^aМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, 119899 Россия

*e-mail: rschalov@mail.ru

**e-mail: arsenii.kamyshev@yandex.ru

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

****e-mail: az200611@rambler.ru

Поступила в редакцию 20.04.2020 г.

После доработки 07.05.2020 г.

Принята к публикации 09.06.2020 г.

Раздвоенное русло представляет собой редко встречающийся и практически неизученный тип разветвленного русла, рассредоточение стока в котором оказывает решающее влияние на водный транспорт, осуществление хозяйственной деятельности и освоение водных ресурсов. В статье впервые дается анализ рассредоточения стока воды и взвешенных наносов по двум основным рукавам раздвоенного русла нижней Оби — Малой и Горной Оби, многочисленным пойменным протокам (ответвлениям), обеспечивающим гидравлическую связь между ними и крупным притоком нижней Оби — р. Северной Сосьвой. Показано, что для обоих рукавов характерны значительные колебания расхода воды, обусловленные вторичным раздвоением русел рукавов, рассредоточением стока в русловых разветвлениях рукавов, постоянным отвлечением порой значительной части стока в пойменные протоки (ответвления) и возвращением воды ниже по течению. Выявлены общие тенденции распределения стока воды для раздвоенных русел и описываются причины, определяющие рассредоточение стока воды по рукавам. Большое влияние на Малую Обь оказывает гидравлическая связь с р. Северной Сосьвой по пойменным протокам, забирающим из нее большую часть стока воды. Для развития русла Горной Оби важную роль играет ограничивающее воздействие правого коренного берега. В обоих рукавах раздвоенного русла нижней Оби в половодье при невысокой мутности наблюдается слабая тенденция к уменьшению ее вниз по течению. Вместе с тем уменьшение вниз по реке расходов взвешенных наносов имеет более выраженный тренд и отражает общую направленную аккумуляцию наносов на нижней Оби.

Ключевые слова: русловые процессы, раздвоенное русло, Обь, рассредоточение стока, взвешенные наносы, мутность.

DOI: 10.31857/S0321059621010120

ВВЕДЕНИЕ

Рассредоточение стока в разветвлениях реч-

ных русел имеет большое значение для выявления роли рукавов в русловом режиме рек, прогнозирования их переформирований, оценки неблагоприятных воздействий на состояние водных путей сообщения и обоснования проектов обеспечения безопасного судоходства, условий хозяйственной деятельности на приречных территориях, использования водных и других речных ресурсов [1, 8, 15, 17, 19]. Среди всего многообразия русел рек, разветвленных на рукава, раздвоенные русла — редко встречающееся и наиболее своеобразное явление, которое до сих пор остается слабо изученным (особенно в сравнении с «обычными», даже сложными русловыми разветвлениями — сопряженными, параллельно-рукавными и др.) [16].

¹ Работа выполнена по госзаданию кафедры гидрологии суши и Лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ (№ АААА-А16-116032810084-0 — морфодинамическая типизация русел раздвоенного русла) при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00086 — натурные исследования, сток воды и наносов в разветвлениях разных уровней) и РФФИ (проекты 19-35-90101 — гидроморфология и переформирования широкопойменных русел крупнейших равнинных рек (на примере Оби и Лены, 18-05-487 — пространственное проявление экстремальной маловодности водного пути) и технической поддержке Администрации «Обь-Иртышводпути» и Ханты-Мансийского окружного управления водных путей.

Они представляют такую разновидность разветвлений, в которых реки разделяются на два или более самостоятельных протяженных (десятки и даже сотни километров) рукава, разделенных друг от друга крупными пойменными массивами, проходящих в противоположных частях, а при наличии более двух таких рукавов — и посередине очень широкого днища долины, сохраняющих между собой гидравлическую связь по многочисленным пойменным протокам [11–13] и образующих самый высокий структурный уровень разветвленности [14]. Примеры такого раздвоенного русла — реки Волга и Ахтуба [6], Дон и Аксай [7], Днестр и Турунчук [3] и многие другие, нередко обозначаемые на картах и в справочниках как “реки” (реки Ахтуба, Аксай) [11, 12]. Однако рассредоточение стока на реках с раздвоенным руслом практически не изучалось (оценивалась лишь их относительная водность), распределение расходов воды (Q , м³/с) по рукавам ограничивалось лишь русловыми разветвлениями [1, 4, 5, 15, 17]. Необходимость его изучения возрастает в связи с отмеченной тенденцией усиления разветвленности русел при увеличении водности больших рек [18] и прохождении экстремально высоких паводков [20].

На нижней Оби раздвоенное русло отличается особенно высокой многорукавностью (до четырех таких рукавов на одном поперечнике), делающей его уникальным среди всех рек Земли и по степени раздробленности реки (соответственно, по рассредоточенности стока), и по длине участка распространения, и по ширине охвата рукавами днища долины. Впервые на Оби оно появляется в среднем течении выше г. Сургута и продолжается до слияния с р. Иртыш: здесь от Оби отходят в левую часть днища долины три следующих друг за другом рукава, отстоящие от основного русла на 15–25 км и забирающие до 30% расхода воды: Юганская Обь, протоки Большая Салымская и Неулера, впадающие в Иртыш тремя рукавами [3]. В нижнем течении Обь разделяется на два основных рукава — левую Малую Обь и правую Горную Обь, из которых последняя уже ниже устья р. Северной Сосьвы называется Большой Обью.

Экспедиционные исследования в июне 2019 г. позволили впервые в пределах этого раздвоенного русла в нижнем течении Оби в пределах Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (ХМАО-Югры) измерить расходы воды с одновременным отбором проб на мутность во всех основных рукавах и многих пойменных протоках и выявить основные закономерности рассредоточения стока воды и наносов по рукавам в условиях половодья при затопленной пойме и активном оттоке воды в пойменные потоки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗДВОЕННОГО РУСЛА

Раздвоенное русло на нижней Оби (рис. 1) начинается ниже с. Перегрёбного, где река, огибая западную оконечность Сибирских увалов (Белогорский материк), меняет свое направление с северо-западного на северное, увеличивается ширина поймы сначала до 20 км, а затем до 60 км, и происходит разделение реки на Горную Обь (по измерениям на пике половодья в 2019 г. — 8412 м³/с) и Малую Обь (15044 м³/с). Перед трехкратным расширением поймы от Малой Оби отделяется вправо в ее центральную часть Тоготская Обь — рукав длиной 64 км, образующий вторичное раздвоение русла (в свою очередь, от нее ответвляется протока Нюлас длиной 22 км, создающая раздвоение русла уже третьего порядка). Ниже по течению отходят влево по нормали к Малой Оби и впадают в р. Северную Сосьву крупные пойменные протоки: Лапорская, ограничивающая с севера возвышенность Люлинвор (здесь происходит резкое расширение поймы до 60 км), и Пырсым, а затем и Вайсова, создающая очередное раздвоение русла Малой Оби. По существу, Северная Сосьва в низовьях представляет собой объединенный поток самой реки, двух крупных обских пойменных проток (г.п. Берёзово измеряет уже сток притока и частично — главной реки) и протоки Вайсовой. К этому в половодье добавляется слив с поймы в Северную Сосьву обских вод с затопленной поймы.

Вторичная раздвоенность русла свойственна и Горной Оби, от которой отделяется вправо Сомутнельская протока (длиной 26 км), которая принимает правый приток Оби — р. Казым. В результате Обь оказывается разделенной на сложную сеть субпараллельных рукавов, создающих уникальное рассредоточение стока, превращающее крупнейшую реку в сложную сеть рукавов, соизмеримых по водности и морфометрическим характеристикам со средними реками, и пойменных проток, что осложняет, в первую очередь, воднотранспортное использование реки.

Ниже слияния Малой Оби с Тоготской Обью и затем с Северной Сосьвой пересекает под большим углом пойму Оби собирающая воды из впадающих в нее пойменных проток и стекающие с затопленной поймы (благодаря ее почти поперечному направлению) короткая протока Большой Нюрик длиной 24 км — аналог очередного раздвоения русла. Соединяясь с Горной Обью, она существенно увеличивает ее водность, а Горная Обь получает название Большая Обь.

МЕТОДИКА И СОСТАВ РАБОТ

Экспедиционные исследования проходили с 8 по 21 июня 2019 г. Измерения расходов воды про-

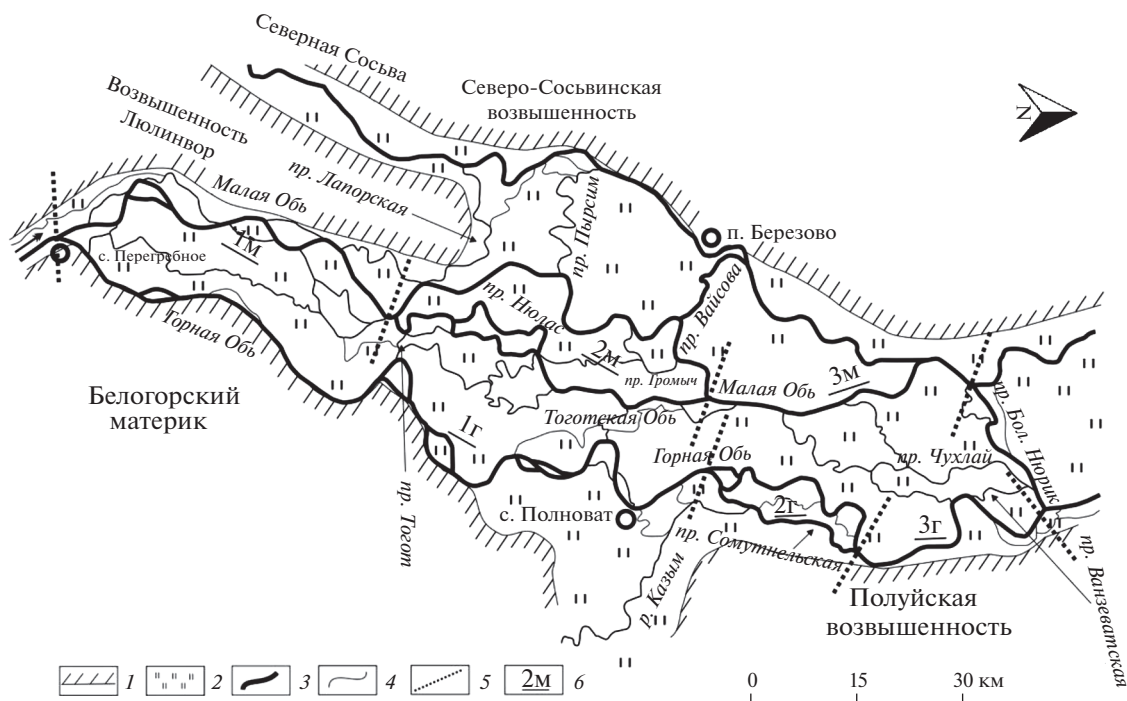


Рис. 1. Общая схема раздвоенного русла нижней Оби (в пределах ХМАО-Югры). 1 – коренные берега; 2 – пойма; 3 – русло Оби, рукавов раздвоенного русла и нижнего течения р. Северной Сосьвы; 4 – наиболее крупные пойменные протоки; 5 – границы участков Малой и Горной Оби; 6 – выделенные участки измерений Малой (м) и Горной (г) Оби, в пределах которых измерялись расходы воды. Здесь и на рис. 3–5 пр. – протока.

водились в рукавах, образующих раздвоенное русла, в рукавах русловых разветвлений Малой и Горной Оби, в наиболее крупных и некоторых небольших пойменных протоках, а также в устьях притоков – Северной Сосьвы и Казыма. Измерительные створы назначались таким образом, чтобы получить наиболее полную информацию о распределении расходов воды, и ими были перекрыты все рукава по поперечнику дна долины в узлах разделения Малой и Горной Оби и в разветвлениях обоих рукавов раздвоенного русла, при отходе от них рукавов раздвоений 2-го порядка и в наиболее крупных пойменных протоках. В ряде случаев расходы воды в отдельных рукавах русловых разветвлений определялись без измерений – расчетом на основе баланса стока (т.е. по данным измерений расхода воды в смежных рукавах выше или ниже разветвления). На заходе и перед устьем рукавов наиболее крупных и сложных разветвлений, а также в начале и конце рабочего дня осуществлялось полное перекрытие гидростворами Малой или Горной Оби. Это позволяло обеспечивать снижение погрешностей при расчете расходов воды в рукавах, в которых измерения не проводились, а также учитывать, хотя и в первом приближении, долю стока воды, проходящей по затопленной пойме и по неучтенным малым пойменным протокам.

Измерения скоростей течения и расходов воды проводились акустическим доплеровским определителем скоростей течения воды ADCP (“Acoustic Doppler Current Profiler”) типа “Sontek RiverSurveyor M9” (погрешность определения расхода воды $\leq 5\%$). Для оценки скоростей течения и расходов на участках с глубинами, меньшими, чем те, при которых можно использовать ADCP, в программном обеспечении прибора предусмотрены численные экстраполяционные методы. Запись и обработка данных измерений ADCP проводились с помощью программы обработки данных “RiverSurveyor Live”.

Исследования выполнялись на пике половодья при прохождении максимальных расходов воды и практически неизменном уровне воды (по пгт Белогорье и пгт Октябрьский на нижней Оби), их колебания за все время составляли 5–7 см. Всего измерено 99 расходов воды, в том числе перекрывающих Малую и Горную Обь – 30. Расчет расходов воды выполнен для 69 рукавов русловых разветвлений. В узле разделения Оби на Малую и Горную Обь измерения проведены дважды с интервалом в 8 дней, но при практически не изменившейся водности реки.

Для определения расходов взвешенных наносов одновременно с измерениями расходов воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) проводился отбор проб воды для определения мутности s (мг/л). Массовое определение s

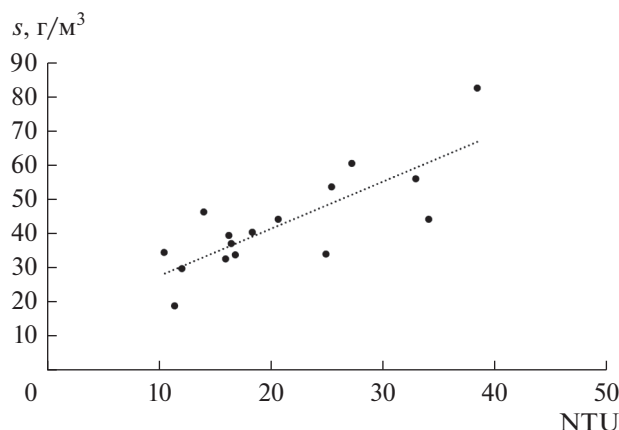


Рис. 2. Кривая связи оптической NTU и весовой мутности s .

стало возможным благодаря применению методов турбидиметрии, т.е. анализа проб воды, основанном на измерении количества света, поглощаемого при прохождении его луча через кювету (пробирку) с речной водой, помещаемую в прибор — турбидиметр. Полученные показатели оптической мутности NTU (Nephelometric Turbidity Unit) пересчитывались в весовые показатели мутности по кривой их связи с измеренной реальной мутностью (г/м^3) (рис. 2). Всего отобрано 18 проб на определение мутности путем фильтрации и 102 пробы — на NTU. Диапазон оптической мутности для отфильтрованных проб составил 28 NTU (максимальное значение — 38,5, минимальное — 10,5), коэффициент корреляции равен 0,8. При этом диапазон весовой мутности составляет 64 г/м^3 (максимальное значение — 82,7, минимальное — 18,7 г/м^3). Максимальные значения мутности приходятся на стрежневые зоны, минимальные — на пойменные протоки со значительной долей попадающих в них осветленных пойменных вод.

РАССРЕДОТОЧЕНИЕ СТОКА

В табл. 1 приведены измеренные расходы воды в основных рукавах раздвоенного русла нижней Оби, в некоторых наиболее крупных пойменных протоках, вызывающих перераспределение стока по их длине, а также в притоках Оби — Северной Сосьве и Казыме.

Малая Обь

Отвлечение 38% суммарного стока Оби в правый рукав раздвоенного русла — Горную Обь, рассредоточение стока воды по пойменным протокам (ответвлениям) и рукавам приводят к значительному изменению водности Малой Оби вниз по течению. В связи с этим ее можно разделить на

три основных участка: 1) исток Малой Оби — исток Тоготской Оби; 2) исток — устье Тоготской Оби; 3) устье Тоготской Оби — исток протоки Большой Нюрик.

На первом участке 1м (рис. 1) ширина поймы увеличивается от 14 до 25 км, русло, продолжая северо-западное направление Оби выше по течению, перемещается от правого коренного берега (Белогорский материк) у с. Перегрёбного к левому борту долины, представленному склонами северной оконечности возвышенности Люлинвор и далее следует вдоль или вблизи них. Расход воды к узлу разделения с Тоготской Обью уменьшается от 15044 до 13902 $\text{м}^3/\text{с}$ благодаря оттоку воды (1142 $\text{м}^3/\text{с}$) на затопленную пойму и частично в пойменные протоки (из-за маловодности измерения в них не производились; крупные пойменные протоки в пределах участка вновь впадают в Малую Обь). В начале участка развитие крутой излучины привело к размыву в ее привершинной части пойменной перемычки, отделявшей русло Малой Оби от текущей субпараллельно ей протоки. Водность ее увеличилась (до 31%) и, как следствие, образовалось пойменно-русловое разветвление. Шпора излучины Малой Оби, в вершине которой находится узел ее разветвления с Нарыкарской протокой, состоит из двух островов — Межьюр и Безымянного. Это обуславливает сложную систему рассредоточения стока (рис. 3, табл. 2), в результате чего в основном рукаве Малой Оби (в нижнем крыле излучины № 5 на рис. 3) остается половина расхода воды в ней (или 29% от стока Оби в целом), создавая вместе с переформированиями самого русла серьезные затруднения для судоходства.

Участок 2м на Малой Оби (рис. 1) отличается последовательным снижением стока по длине рукава. Это обусловлено оттоком в Тоготскую Обь более половины (60%) общего расхода воды, резким расширением поймы до 60 км, отвлечением значительной его части в левобережные пойменные протоки, несущие свой сток в р. Северную Сосьву, — Лапорскую (1153 $\text{м}^3/\text{с}$, или 19%) и Пырсим (435 $\text{м}^3/\text{с}$, 10%), сливом (по ориентировочным подсчетам) 512 $\text{м}^3/\text{с}$ на затопленную пойму и раздвоением Малой Оби в связи с отходом от нее влево протоки Вайсова, забирающей из нее 2490 $\text{м}^3/\text{с}$ воды (67% стока в половодье 2019 г.). После этого расход воды Малой Оби уменьшается до 2323 $\text{м}^3/\text{с}$, что создает неблагоприятные условия для судоходства ниже по течению вплоть до слияния с Тоготской Обью из-за недостаточной водности для обеспечения необходимых глубин по основному водному пути.

Анализ отметок водной поверхности на Малой Оби и на Северной Сосьве, выполненный по топографическим картам, не обнаружил между ними поперечного перепада меженных уровней.

Таблица 1. Расходы воды в рукавах раздвоенного русла нижней Оби в половодье (измерено в июне 2019 г.)

Рукава, пойменные протоки, притоки	Q, м³/с	Q, %	
		от Оби	от Малой или Горной Оби
Узел разветвления Малой и Горной Оби			
Малая Обь	15044	64	100
Горная Обь	8412	36	100
Малая Обь			
Исток Малой Оби – разделение Малой и Тоготской Оби			
Малая Обь	5595	24	40
Тоготская Обь	8364	36	60
Разделение Малой и Тоготской Оби – исток протоки Пырсим			
Лапорская	1153	5	19
Пырсим	435	2	10
Исток протоки Пырсим – разделение Малой Оби и протоки Вайсова			
Вайсова	2490	11	67
Малая Обь	1213	5	33
Разделение Малой Оби и протоки Вайсова – слияние Малой и Тоготской Оби			
Малая Обь	2029	9	23
Тоготская Обь	6747	29	77
Слияние Малой и Тоготской Оби – слияние Малой Оби и р. Северной Сосьвы			
Малая Обь	7224	31	52
р. Северная Сосьва	6652*	28	48
Слияние Малой Оби и р. Северной Сосьвы – разделение Малой Оби и протоки Большой Нюрик			
Малая Обь	8403	36	59
Большой Нюрик	5048	22	41
Горная Обь			
Исток Горной Оби – разделение Горной Оби и Сомутнельской протоки			
Горная Обь	3517	15	58
Сомутнельская	2568	11	42
р. Казым	1651	7	20
Между разделением и слиянием Горной Оби и Сомутнельской протоки			
Горная Обь	3754	16	47
Сомутнельская	4219	18	53
Слияние протоки Большой Нюрик и Горной Оби			
Большой Нюрик	12566	54	71
Горная Обь	5205	22	29
Большая Обь	17771	76	100

* Суммарный расход Северной Сосьвы, проток Лапорской, Пырсим и Вайсова, левого притока – р. Вогулки.

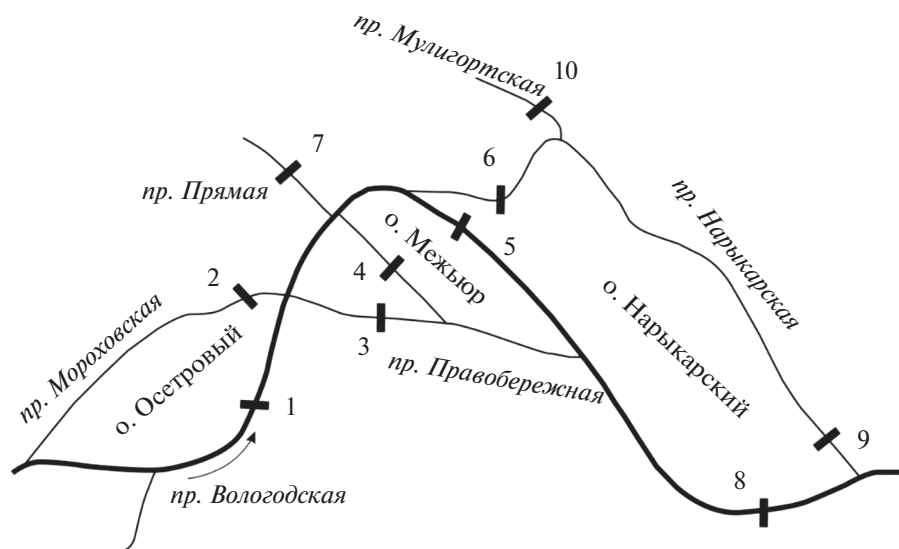


Рис. 3. Схема Межьюрского–Нарыкарского пойменно-русового разветвления. Цифры – створы измерения расходов воды (табл. 2). Здесь и на рис. 4 и 5 пр. – протока.

Можно полагать, что формирование проток между Малой Обью и Северной Сосьвой обусловлено перекосом водной поверхности во время половодья из-за большего подъема уровней на Оби, чем на Северной Сосьве, и большей ее водностью: выше впадения в Северную Сосьву Лапорской протоки расход в ней, по измерениям в июне 2019 г., составил $2574 \text{ м}^3/\text{с}$, тогда как на Малой Оби он был более чем в 2 раза больше и почти равен расходу воды в протоке Вайсова ($2490 \text{ м}^3/\text{с}$). Общий переток обских вод по пойменным протокам и протоке Вайсова в 1.6 раза больше расхода воды в Северной Сосьве (без учета поступления воды с затопленной поймы).

Большая водность протоки Вайсова обусловлена благоприятными для захода в нее потока

гидравлическими условиями, сложившимися на излучине, в привершинной части которой она берет начало, являясь продолжением ее верхнего крыла по сравнению с другими протоками.

На Малой Оби имеется несколько русловых разветвлений. В истоках Лапорской протоки это – пойменно-русовое разветвление, по морфологии аналогичное Межьюрско-Нарыкарскому. В отличие от последнего, здесь более развит левый рукав – бывшая пойменная протока, ставшая судоходной и забирающая из Малой Оби 46% ее расхода воды. Такое же равнозначное распределение расходов воды (в соотношении 2/3) характерно для втекающих одиночных разветвлений, на фоне общей понижающейся водности Малой Оби оно существенно для состояния вод-

Таблица 2. Распределение расходов воды в Межьюрском-Нарыкарском разветвлении

№ створа	Рукав, протока	Расход воды	
		$\text{м}^3/\text{с}$	доля от расхода Малой Оби, %
1	Судоходный у о. Осетрового	11498	86
2	Морховская	1873	14
3	Правобережная	1643	12
4	Правая у о. Межьюр	811	6
5	Судоходный – протока Межьюрская	6795	51
6	Заход в Нарыкарскую протоку	4122	31
7	Пойменная Прямая	252	2
8	Судоходный в нижней части Разветвления о. Нарыкарский	9249	65
9	Выход Нарыкарской протоки	4945	35
10	Мулигортская	823	6

Таблица 3. Распределение расходов воды между Малой и Горной Обью, р. Северной Сосьвой, протокой Большой Нюрик и пойменными потоками (измерения в июне 2019 г.)

№	Протока/рукав	Расход воды, Q , м ³ /с	Доля стока, %, относительно		
			Малой Оби в створах 2 и 3	Горной Оби в створе 10	протоки Большой Нюрик в створах 4 и 9
1	Северная Сосьва	6652	92.1	128	—
2	Малая Обь	7224	100	139	—
3	Малая Обь	8403	100	161	166
4	Большой Нюрик	5048	60.1	97.0	100
5	Верхний Нюрик	461	5.49	—	9.1
6	Средний Нюрик	62	0.86	—	1.2
7	Сухой Нюрик	409	4.87	—	8.1
8	Протока Чухлай	4820	66.7	—	95.4
9	Большой Нюрик	12566	149	241	153
10	Горная Обь	5205	72.1, 61.9	100	103, 41.4
11	Ванзеватская	2582	—	49.6	—
12	Чухрым-Мухт	2710	—	52.1	—
13	Юрьеская	766	—	14.7	—
14	Горная Обь	2389	—	45.9	—

ного пути. Другие разветвления, связанные с островами на крыльях, и в привершинных частях излучин, и в одностороннем разветвлении менее значимы (от 8 до 20% расхода воды в половодье; в межень некоторые из них пересыхают).

На участке 3м (рис. 1) ширина поймы ≤ 40 км, ответвляются лишь маловодные пойменные протоки. Тоготская Обь, водность которой от истока к устью сократилась на ~ 1500 м³/с, обеспечивает здесь почти трехкратное увеличение стока Малой Оби. Слияние с Северной Сосьвой увеличивает расход воды в ней еще на 48% — от 8776 до 12451 м³/с, причем непосредственно ниже ее устья зафиксирован максимальный расход — 13876 м³/с.

Ниже слияния Малой Оби и Северной Сосьвы часть стока (~ 400 м³/с) затопляет пойму, а затем почти половину расхода воды забирает протока Большой Нюрик (5041 м³/с, 41%), по которой основная в настоящее время трасса судового хода перемещается из Малой Оби в Большую Обь. К слиянию с Горной Обью расход воды в ней возрастает в ~ 2.5 раза (12566 м³/с) за счет слива в нее вод с поймы, которую она пересекает практически поперек, и впадения в протоку Большой Нюрик нескольких пойменных проток (рис. 4, табл. 3). Среди них только пойменная протока Чухлай увеличивает сток в ~ 2 раза, собирая в себе

воды пойменных проток, вытекающих из Малой и Горной Оби. Подобное увеличение стока характерно и для ряда других пойменных проток, однако они затем впадают в Малую Обь. Так, водность протоки Громыч, забирающей из Малой Оби 15% расхода воды (673 м³/с), при слиянии с ней уже ниже захода в протоку Вайсова составляет 43% (~ 1000 м³/с), что очень существенно для состояния здесь водного пути.

Горная Обь

На Горной Оби измеренные в половодье расходы воды меняются от 8412 м³/с в узле разделения с Малой Обью до 5205 м³/с перед слиянием с протокой Большой Нюрик. На первых 90 км от истока на участке 1г (рис. 1), где она проходит вдоль правого ведущего коренного берега (Белогорского материка) в левобережную пойму, из нее в небольшие пойменные протоки отвлекается всего 0.5% (439 м³/с) стока, и лишь в конце участка 16% расхода воды (1342 м³/с) уходят в протоку Тогот, пересекающую по диагонали пойму и впадающую в Тоготскую Обь. Русло здесь в основном прямолинейное неразветвленное, чередующееся с одиночными разветвлениями, в которых расход воды распределяется почти поровну (55 и 45%), либо его большая часть (до 87%) проходит

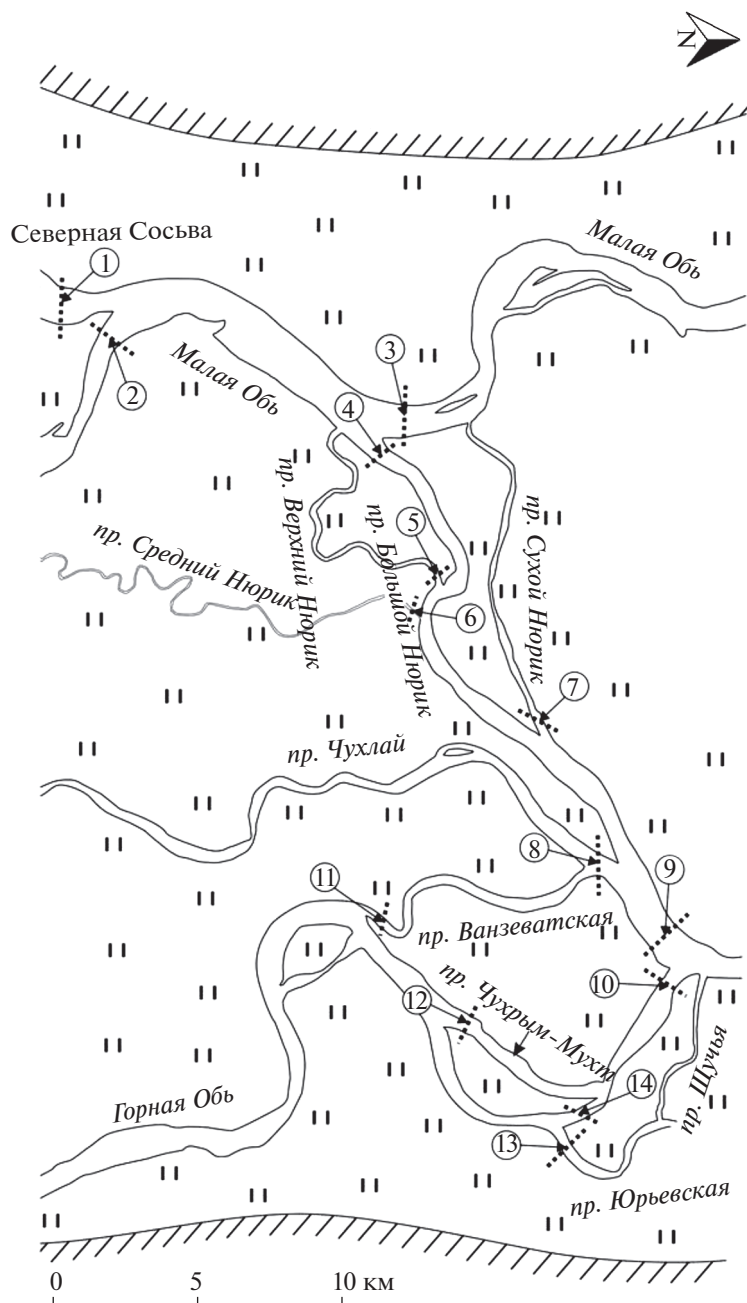


Рис. 4. Распределение расходов воды в половодье 2019 г. между Малой и Горной Обью, р. Северной Сосьвой, протокой Большой Нюрик и пойменными протоками. Цифры – створы измерений (табл. 3).

слева или справа от образующих их островов в зависимости от местных условий. В конце участка ниже крупного мыса находится крутая прорванная излучина, в которой 55% стока сосредотачивается в левом изогнутом рукаве (т.е. идет собственно по излучине), тогда как спрямляющий рукав забирает 45% расхода воды. В вершине излучины берет начало протока Тогот, и в нижнем ее крыле доля стока в Горной Оби снижается до 39%, что обуславливает определенные осложнения для судоходства.

Ниже 90 км от истока (выше с. Полноват) влияние коренного берега ослабевает, русло смещается сначала влево от него, а затем в долину Оби открывается широкая пойма р. Казымы (расход воды, по измерениям в половодье 2019 г., – 1651 м³/с). Отсюда вниз по течению на участке 2г (рис. 1) происходит дальнейшее уменьшение расхода воды в Горной Оби до 3428 м³/с из-за отвлечения воды в левобережные протоки, а затем почти половина (42%) расхода воды – в правый ру-



Рис. 5. Изменение мутности, г/м^3 , по длине в раздвоенном русле нижней Оби: 1 — $<30 \text{ г/м}^3$, 2 — от 30 до 33, 3 — от 33 до 36, 4 — от 36 до 39, 5 — от 39 до 42, 6 — от 42 до 45, 7 — от 45 до 48, 8 — от 48 до 51, 9 — $>51 \text{ г/м}^3$.

кав раздвоенного русла — протоку Сомутнельскую, в которой находится устье р. Казымы. В результате в Горной Оби (перед слиянием с Сомутнельской протокой) осталось меньше половины расхода воды, причем в одиночных разветвлениях и прорванных излучинах его доля в основном (судоходном) рукаве сокращается еще до 30%. Следствие этого — практически полное прекращение судоходства на этом участке Горной Оби.

При слиянии с Сомутнельской протокой, сток воды которой, включая воды р. Казымы, составляет больше половины его (53%) в Горной Оби, расход ее увеличивается до $7973 \text{ м}^3/\text{с}$ на участке 3г (рис. 1). Однако ниже по течению (табл. 3) он снова сокращается вследствие сначала отвлечения трети ее стока в левую Ванзеватскую пойменную протоку, пополняющую сток протоки Большой Нюрик, а затем еще 13% — в правую Юрьевскую пойменную протоку, впадающую уже в Большую Обь.

Слияние Горной Оби (ее расход в устье $5205 \text{ м}^3/\text{с}$) и протоки Большой Нюрик ($12566 \text{ м}^3/\text{с}$) образует Большую Обь, суммарный расход воды в которой равен $17771 \text{ м}^3/\text{с}$, превращая ее в больший по водности и главный судоходный рукав раздвоенного русла нижней Оби в пределах уже территории Ямало-Ненецкого АО.

МУТНОСТЬ ВОДЫ И РАСХОДЫ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ

В узле разделения реки на Горную и Малую Обь (рис. 5) мутность Малой Оби (56 г/м^3), поток которой находится под направляющим воздействием мыса правого коренного берега, выше, чем в Горной (34 г/м^3), отходящей от Малой Оби почти по нормали. Расход взвешенных наносов в Малой Оби (765.9 кг/с) в 2.5 раза превышает таковой в Горной Оби (282.6 кг/с). Это различие сохраняется по всей длине раздвоенного русла, чему благоприятствуют расположение русла Горной Оби вдоль правого коренного берега и большая интенсивность русловых деформаций на Малой Оби, проявляющаяся в размывах пойменных берегов: для Малой Оби в среднем — от 1.1 до 3.8, максимально — 6.2 м/год ; на Горной Оби — в среднем от 1.0 до 2.9, максимально — $\leq 4.0 \text{ м/год}$.

Для Горной Оби характерны сравнительно небольшие колебания мутности (максимальная — 41, минимальная — 25 г/м^3). Мутность в Малой Оби меняется в широких пределах и повсеместно выше, чем на Горной Оби. Максимальное значение (70.5 г/м^3) отмечено в правом рукаве Цигарского разветвления, минимальное (38.1 г/м^3) — непосредственно ниже истока протоки Вайсова. Ниже слияния с Северной Сосьвой мутность воды в Малой Оби (46.4 кг/м^3) больше, чем в устье Северной Сосьвы (39.4 г/м^3); ниже слияния отмече-

Таблица 4. Изменения расходов взвешенных наносов в половодье по длине Малой и Горной Оби

№	Створ (расположение)	Мутность, г/м ³	Расход взвешенных наносов, кг/с
Малая Обь			
1	Исток (с. Перегребное)	56	765.9
2	Исток Тоготской Оби	53.9	301.5
3	Исток протоки Вайсова	38.1	34.4
4	Слияние с Тоготской Обью	39.3	79.7
5	Перед слиянием с р. Северной Сосьвой	46.4	262.1
6	Ниже слияния с р. Северной Сосьвой	34.4	477.3
7	Перед истоком протоки Большой Нюрик	40.2	337.4
Горная Обь			
1	Исток (с. Перегребное)	34.0	282.0
2	с. Полноват	31.9–34.4	198.8
3	Левый рукав раздвоенного русло	32.7	112.8
4	Ниже слияния с Сомутнельской протокой	30.2–32.6	237.9
5	Перед слиянием с протокой Большой Нюрик	34.5	179.9

ны различия мутности в поперечном сечении потока: у левого берега, со стороны которого находится устье Северной Сосьвы, — 34.4, у правого берега — 46.4 г/м³.

В узле разделения Малой и Тоготской Оби оба рукава существенно различаются по мутности (соответственно 53.9 и 36.0 г/м³), хотя водность последней в 1.5 раза больше: Тоготская Обь отходит от Малой почти под прямым углом, располагаясь у вогнутого берега почти в вершине ее излучины. Но при этом сток наносов в половодье в обоих рукавах практически одинаков (301.5 и 301.3 г/м³), хотя мутность воды в Тоготской Оби больше (51.7 г/м³ против 39.3 г/м³ в Малой Оби). Очевидно, она отражает большую активность русловых деформаций в ней.

В узле разделения Малой Оби и протоки Большой Нюрик мутность практически одинакова — соответственно 40.2 и 41.6 г/м³. По длине (всего 24 км) протоки Большой Нюрик мутность увеличивается незначительно — до 44.7 г/м³ при росте водности более чем в 2 раза, что связано со сливом в нее осветленных вод с затопленной поймы и из пойменных проток.

Вдоль обоих рукавов раздвоенного русла на фоне существенных колебаний, определяемых местными условиями (наличием русловых разветвлений, ответвлением или впадением поймен-

ных проток, сливом вод с затопленной поймы, размывами берегов и т.д.), прослеживается общее снижение мутности (рис. 5). Действительно, на Малой Оби в верхней ее части преобладают значения >70, в нижней — до 30–40, на Горной Оби — от 40 до 30 г/м³. Это коррелирует с продольным вдоль основных рукавов изменением величин расходов взвешенных наносов (табл. 4), которые дифференцируются по выделенным участкам. На Малой Оби от ее истока до ответвления протоки Вайсова включительно расход взвешенных наносов уменьшается более чем в 20 раз (при снижении расхода воды в ~7 раз). Соответственно, аккумуляция наносов приводит к тому, что возрастает количество перекатов, которые, особенно ниже истока протоки Вайсова, лимитируют судоходство по глубине.

Увеличение расхода воды в Малой Оби после слияния с Тоготской Обью, а затем с Северной Сосьвой (объединенный расход с протоками Лапорской, Пырсим и Вайсова) более чем в 4 раза и соответствующий рост транспортирующей способности потока обуславливают повышение расхода взвешенных наносов почти в 6 раз (до 477.3 кг/с), но затем к истоку протоки Большой Нюрик он снижается до 140 кг/с.

Аналогичные изменения, хотя и с меньшей амплитудой, происходят по длине Горной Оби. От ее истока расходы взвешенных наносов сни-

жаются, особенно сильно — после ответвления Сомутнельской протоки. Ниже слияния с ней и с увеличением расхода воды более чем в 2 раза он возрастает всего в 2.1 раза, но далее к слиянию с протокой Большой Нюрик вновь уменьшается. Таким образом, для обоих рукавов раздвоенного русла нижней Оби характерно продольное уменьшение стока взвешенных наносов во время половодья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раздвоенное русло нижней Оби (Малая и Горная Обь) в пределах ХМАО-Югры создает в половодье уникальное рассредоточение стока крупнейшей реки по многочисленным рукавам и протокам. Расходы воды в Малой Оби, доля стока которой в истоке составляет 64%, уменьшаются более чем в 7.5 раз (до 9%) почти до слияния с левым притоком — р. Северной Сосьвой вследствие отвлечения значительной их части в крупные рукава — Тоготскую Обь и протоку Вайсова, в которых они превышают таковые в Малой Оби, и в многочисленные пойменные протоки, расчленяющие расширяющуюся до 60 км пойму. При этом Вайсова протока и две пойменные — Лапорская и Пырсим, сливаясь с Северной Сосьвой, увеличивают расход воды в ней в половодье до значений, намного превышающих расход в Малой Оби. Лишь при соединении ее с Тоготской Обью водность становится соизмеримой с притоком в его устьевом створе. Однако ниже истока протоки Вайсова происходит быстрый “сбор” вод рукавов и проток в Малую Обь, и к истоку протоки Большой Нюрик — последнему раздвоению русла Малой Оби — расход воды в ней практически восстанавливается, хотя и частично за счет вод Северной Сосьвы. При этом ширина поймы сокращается до 40 км. Часть рассредоточенного стока по пойменным протокам между Малой и Горной Обью и воды, затопившие пойму, сливаются в протоку Большой Нюрик, пересекающую пойму Оби почти поперек, вызывая увеличение в ней расхода в ~2.5 раза. Это приводит к тому, что ниже слияния Горной Оби с протокой Большой Нюрик сток воды перераспределяется в пользу Горной Оби, которая начиная отсюда называется Большой Обью. Такое объединение рассредоточенного по рукавам и протокам стока в двух основных рукавах отличает нижнюю Обь от устьевых областей рек с направленным рассредоточением стока.

На Горной Оби, большая часть которой проходит вдоль правого коренного берега, отвлечение из нее стока воды в пойменные протоки не столь значительно. Но при слиянии с р. Казым от нее ответвляется правый рукав — протока Сомутнельская, забирающая 42% расхода воды, в нее впадает приток, благодаря чему водность протоки превышает водность Горной Оби.

Мутность воды, измеренная в половодье, в Малой и Горной Оби невелика. По обоим основным рукавам прослеживается слабо выраженная тенденция к ее уменьшению. Более выражено уменьшение расходов взвешенных наносов, которое происходит на фоне значительных колебаний из-за отвлечения части стока в рукава раздвоенного русла, пойменные протоки, рукава русловых разветвлений и в целом отражает направленную аккумуляцию наносов на нижней Оби.

Выявленные закономерности рассредоточения стока воды и взвешенных наносов следует учитывать при решении водохозяйственных и воднотранспортных проблем при освоении природных ресурсов Нижнего Приобья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И., Чалов С.Р. Гидрологические функции разветвленного русла. М.: Геогр. фак. МГУ, 2009. 240 с.
2. Байдин С.С. Сток и уровни воды в дельте Волги. М.: Гидрометеиздат, 1962. 337 с.
3. Борик С.А. Комплексные экспериментальные исследования и оценка влияния русловых карьеров на гидрологический режим равнинной реки (на примере нижнего Днестра). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Одесса: ОГМИ, 1987. 17 с.
4. Дугина И.О., Сальников В.И. К вопросу перераспределения стока р. Амур у г. Хабаровска // Тез. докл. Всерос. гидрол. Съезда. Секция 6. Проблемы русловых процессов, эрозии и наносов. СПб., 2004. С. 68–70.
5. Ермакова А.С., Кирик О.М. Морфология и перестроения русла на Усть-Алданском участке Лены // Геоморфология. 2006. № 2. С. 62–83.
6. Зайцев А.А., Иванов В.В., Коротаев В.Н., Лабутина И.А., Лукьянова С.А., Ли Цзунсянь, Римский-Корсаков Н.А., Рычагов Г.И., Свиточ А.А., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика. М.: ГЕОС, 2002. 242 с.
7. Иванов В.В., Коротаев В.Н., Пронин А.А., Римский-Корсаков Н.А., Чернов А.В. Геоморфология поймы и динамика русла Нижнего Дона // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2013. № 6. С. 63–67.
8. Камышев А.А., Рулёва С.Н., Чалов Р.С. Рассредоточение стока воды в разветвлениях русла средней Оби // Географ. Вестн. 2017. № 3 (42). С. 48–53.
9. Михайлов В.Н., Рогов М.М., Макарова Т.А., Полонский В.Ф. динамика гидрографической сети не-приливных устьев рек. М.: Гидрометеиздат, 1979. 294 с.
10. Симонов А.И. Гидрология устьевой области Кубани М.: Гидрометеиздат, 1958. 140 с.
11. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
12. Чалов Р.С. Морфологические типы русел равнинных рек, разветвленных на рукава // Вод. ресурсы. 1998. Т. 25. № 2. С. 179–185.

13. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
14. Чалов Р.С. Сложно-разветвленные русла равнинных рек: условия формирования, морфология и деформации // Вод. ресурсы. 2001. Т. 28. № 2. С. 166–171.
15. Чалов С.Р., Федоровский А.Н. Разветвления рек бассейна Северной Двины // Вод. хоз-во России. 2009. № 6. С. 37–52.
16. Чалов Р.С., Чалов С.Р., Алексеевский Н.И. Структурные уровни формирования и типизация разветвленных русел рек // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2011. № 4. С. 8–15.
17. Чернышов Ф.М. Повышение эффективности путевых работ на многорукавных участках рек. Новосибирск: Изд-во НИИВТ, 1973. 324 с.
18. Egozi R., Ashmore P. Experimental analysis of braided channel pattern response to increased discharge // J. Geophys. Res. Earth. Surf. 2009. P. 941–962.
19. Latrubesse E.M. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers // Geomorphol. 2008. V. 101. Iss. 1–2. P. 130–145.
20. Schuurman F., Kleinhans M.G. Bar dynamics and bifurcation in a modelled braided sand-bed river // Earth. Surf. Process landforms. 2015. V. 40. Iss. 10. P. 1318–1333.