

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ РУСЛОВОГО РЕЛЬЕФА НИЖНЕЙ ВЫЧЕГДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ И ПОСЛЕ ИХ ПРЕКРАЩЕНИЯ

Введение

Использование реки Вычегды как транспортной артерии началось в XVIII веке, когда был создан Северодвинский канал, обеспечивающий соединение рек бассейнов Северной Двины, Волги и Балтийского моря. С начала XX в. на Вычегде стали проводиться регулярные дноуглубительные и выправительные работы: в 20–40-е гг. они осуществлялись лишь на отдельных перекатах, а объемы извлекаемого из прорезей грунта составляли не более 40–150 тыс. м³, но с 50-х годов резко возросло как количество разрабатываемых перекатов, так и объемы извлекаемого из них грунта. Это было связано с необходимостью повышения гарантированной глубины ниже г. Сыктывкара с 1.0 м (в 50-х годах) до 1.3 м (к началу 90-х годов). Объем ежегодного дноуглубления составил в 1960–90-е гг. в среднем 4.5–5.5 млн. м³, а в целом за весь период русловыправительных работ, продолжавшийся до 1991 года, из реки было извлечено около 170 млн. м³ грунта. На каждом перекате в среднем за навигацию извлекалось от 40 до 200 тыс. м³.

Углубление русла достигалось сочетанием эксплуатационного землечерпания с разработкой капитальных прорезей, обеспечивающих коренное изменение или стабилизацию трассы судового хода. Для поддержания требуемых глубин на большей части перекатов в межсезонный период ежегодно разрабатывались прорези, чаще всего, по несколько раз в навигацию. Капитальное изменение трассы судового хода заключалось в переводе ее к коренному берегу, в ранее несудоходные, но перспективные с точки зрения руслового режима протоки и рукава, из нижнего положения на седловине переката в верхнее, в отторжении побочной. При этом при производстве дноуглубительных работ происходило не безвозвратное извлечение аллювиального грунта из русла, а перемещение его из активной зоны русла в пассивную, часто прибрежную зону. В результате происходила консервация аллювия в отвалах на время от одного года (до начала следующего половодья) до десятилетий. В последнем случае отвалы грунта нередко зарастали и превращались в молодые пойменные массивы. Вследствие этого уменьшалась площадь живого сечения реки, что, в свою очередь, приводило к саморазмыву русла и увеличению глубин без последующего дноуглубления.

С 1992 г. на реке почти все дноуглубительные работы были прекращены. Они производились в сравнительно небольших объемах только на отдельных перекатах, особо лимитирующих судоходство. Габариты прорезей были уменьшены, гарантированные глубины снижены до 1.0 м, т.е. до величины, предшествующей интенсивному дноуглублению, причем на многих перекатах, при уровнях воды, близких к проектному, реальные глубины падали до 0.6–0.8 м. В конце 1990-х годов на реке проводилась только одна дноуглубительная работа на участке в районе г. Коряжмы, связанная с изменением местоположения рассеивающего водовыпуска Котласского ЦБК [1].

Проведение дноуглубительных работ в нарастающих объемах должно было сказаться на динамике потока, условиях транспорта наносов и на структуре руслового рельефа. После прекращения техногенного вмешательства следовало ожидать возвращения реки к бытовому состоянию, в т.ч. по глубине, что обуславливалось восстановлением естественной структуры руслового рельефа. Однако в действительности картина оказалась более сложной.

Река Вычегда берет начало на южных склонах Тиманского кряжа и протекает по территории Республики Коми и Архангельской области. Длина реки – 1130 км, площадь бассейна – около 121 тыс. км². Наиболее крупные притоки в нижнем течении – Сысола (417 км от устья), Вымь (296 км), Яренга (203 км), Виледь (53 км).

Ниже слияния с Сысолой Вычегда имеет широкопойменное, иногда адаптированное русло, сформировавшееся в коренных аргиллитах, мергелях, песчаниках, глинах, в свою очередь перекрытых мореной, озерно-ледниковыми и озерно-аллювиальными глинами и песками. Дно долины четковидное: сужения с шириной поймы 0.5–2 км чередуются с расширениями таковой до 9–20 км. Пойма сложена легкоразмываемыми песками и супесями. Высота молодых пойменных массивов – 3–4 м над проектным уровнем, зрелой поймы – 5–7 м. Пойма покрывается водой с частотой 50%; наиболее повышенные ее места не затопляются в средние или низкие половодья.

По водному режиму Вычегда относится к рекам восточно-европейского типа, имея высокое весеннее половодье и низкую летне-осеннюю межень, прерываемую дождевыми паводками. Основное питание она получает от таяния снега при значительной доле дождевого и грунтового (около 30%). Среднегодовой расход воды на нижней Вычегде – 1010 м³/с (гидропост Федяково), наивысший зарегистрированный расход воды – 9370 м³/с, минимальный (в период открытого русла) – 370 м³/с.

На Вычегде прослеживается цикличность стока воды: к периодам повышенной водности относятся 1923–31, 1946–52, 1960–66, 1980–86 гг.; маловодные циклы наблюдались в 1932–41, 1974–79 гг.; в остальные периоды водность близка к средней.

Весеннее половодье обычно начинается во второй половине апреля и длится в среднем 50–60 дней, если не осложняется на спаде дождевыми паводками. В это время проходит 40–60% годового стока воды в зависимости от водности года. Летне-осенняя межень – высокая и неустойчивая, часто нарушаемая дождевыми паводками, начинается в конце мая – середине июня и заканчивается в октябре. При отсутствии дождевых паводков объем стока в межень составляет 5–8% от годового, а при их наличии – до 25%. Зимний период начинается в конце октября и продолжается до апреля (до начала вскрытия реки). Наивысшие уровни наблюдаются во время весеннего половодья, превышая наинизшие в период открытого русла на 7.5–8.0 м. Годовая амплитуда колебания уровня воды в маловодные годы – около 4 м, в многоводные – 7.5–8.0 м.

Руслоформирующие расходы воды Q_{ϕ} для нижней Вычегды, рассчитанные по методике Н.И. Маккавеева, наблюдаются в три интервала: верхний – 4250 м³/с (обеспеченность 1.6%), средний – 3250 м³/с (обеспеченность 2%), нижний – 750 м³/с (обеспеченность 30%). Нижний Q_{ϕ} соответствует высокой межи, когда затоплены низкие побочные перекаты. Q_{ϕ} среднего интервала проходит при затопленной низкой пойме, верхний – при полном затоплении поймы.

Сток наносов на Вычегде существенно дифференцируется по различным фазам гидрологического режима. Среднегодовой сток взвешенных наносов составляет около 1 млн. тонн (гидропост Федяково), во время половодья проходит приблизительно 0.8 млн. тонн, в межень – около 0.2 млн. тонн. Среднегодовой сток влекомых наносов, рассчитанный по методике Н.И. Алексеевского [2], составляет 0.54 млн. тонн.

Ширина русла нижней Вычегды увеличивается от 450 м до 1100 м, уклоны колеблются от 0.12 до 0.044‰. Руслообразующие наносы песчаные (средняя крупность от 0.28 до 0.60 мм). Показатель устойчивости (число Лохтина) изменяется в пределах от 1.6 до 10.9; большинство участков соответствует слабостойчивому руслу ($J_L = 2.8–5.4$) [3].

Русло Вычегды характеризуется распространением всех основных типов – меандрирующего, относительно прямолинейного, разветвленного. Наиболее распространено извилистое русло. Свободные излуины, как правило, сегментные, в расширениях долины крутые, в сужениях – пологие, встречаются отдельные вынужденные и адаптированные излуины. Средние радиусы кривизны излуин увеличиваются в расширениях от 1250 м в начале участка до 4000 м перед слиянием с Северной Двиной, в

сужениях – от 2700 до 5000 м [4]. В расширениях серии излучин спрямляются пойменными ответвлениями (полоями). Участки с относительно прямолинейным руслом могут быть как с односторонней поймой (вдоль ведущего коренного берега), так и с двухсторонней поймой (в пойменных берегах). Разветвленное на рукава русло представлено одиночными и односторонними разветвлениями, причем последние встречаются в русле вдоль коренного берега, так и в пойменных берегах; в низовьях русло разветвленно-извилистое.

По длине реки выделяются три крупных отрезка, в пределах которых тип русла, русловой рельеф, динамика русла и перекатов и их реакция на дноуглубление различны. Верхний отрезок (г. Сыктывкар – пос. Козьмино, 414–145 км) характеризуется исключительно широкопойменным руслом, с чередованием извилистых и относительно прямолинейных неразветвленных участков, иногда перемежающихся с одиночными разветвлениями. Средний отрезок (пос. Козьмино – д. Новодворская Княжица, 145–58 км) отличается преобладанием адаптированного, относительно прямолинейного, неразветвленного русла вдоль правого коренного берега. Здесь большую протяженность занимает русло с односторонними разветвлениями, в которых один из рукавов (у коренного берега) является многоводным, другие рукава отвлекают не более 30% расхода воды в половодье, а в межень нередко пересыхают.

На нижнем отрезке (58–0 км) русло Вычегды широкопойменное, преимущественно меандрирующее, встречаются разветвленно-извилистые и прямолинейные неразветвленные участки.

Современная структура рельефа русла

Характерной особенностью продольного профиля русла нижней Вычегды является волнистость, обусловленная перемещением донных наносов в форме гряд различных порядков. Спектральный анализ длин крупных волн (свыше 1250 измерений) выявил несколько их пиков (рис. 1). Наиболее повторяющимися являются волны длиной 1.0–1.1, 2.7, 3.5, 5.5 и 10.5 км. Длина волн (их шаг) определялась как горизонтальное расстояние между двумя соседними плесами (плесовыми лощинами, межгрядовыми понижениями) на продольном профиле, причем за начало волны принимался переход от субгоризонтальной поверхности дна к поверхности с обратным уклоном (верховой напорный склон гряды), за конец – от перегиба крутого низового откоса (подвалья) к субгоризонтальной поверхности дна плеса.

Наиболее крупные волны превышают по длине плесовые лощины и перекаты, прослеживаясь в виде чередующихся плесов и перекатных участков. Плесовые участки представляют собой протяженные отрезки русла с относительно ровным дном и глубинами: средними – 5 м, максимальными – 9–12 м от уровня низкой межи. Они приурочены в основном к привершинным частям излучин, участкам русла вдоль ведущих коренных берегов или ниже крупных разветвлений (слияния рукавов). Расположение плесовых участков по длине реки обладает некоторой периодичностью. Статистический анализ их шагов показал, что распределение их для современного русла (1990-е годы) имеет две моды: 6–8 км и 10–13 км, причем последняя является более выраженной.

Плесовые участки разделяются между собой положительными волнами – перекатными участками, в пределах которых происходит аккумуляция как транзитных наносов, так и продуктов эрозионной деятельности потока в пределах вышележащего плеса. Шаг перекатных участков приблизительно равен шагу плесовых участков (на рис. 1 это волны длиной 5.5 и 10.5 км).

Перекатные участки, в свою очередь, разделяются на волны второго порядка, в пределах которых прослеживаются чередующиеся плесы и сложные перекаты. Последние состоят из волн третьего порядка – простых перекатов и разделяющих их плесовых лощин. Наиболее часто сложные перекаты встречаются в разветвленном русле, ниже ответвления от русла полоев или в относительно прямолинейном русле в пойменных берегах. Средняя длина волн, соответствующих сложным перекатам, со-

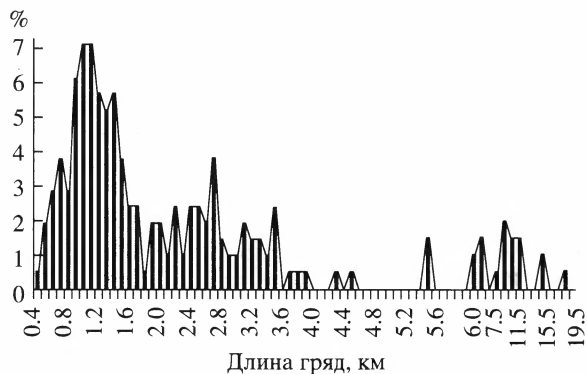


Рис. 1. Распределение длин иерархической системы крупных волн продольного профиля нижней Вычегды (по данным 1999 г.)

Простые перекаты и разделяющие их неглубокие плесовые лощины представляют собой третий порядок волн. Это – крупные гряды. В настоящее время длина простого переката, расположенного отдельно или в составе сложного переката, в среднем составляет 1.0–1.1 км; выделяются по повторяемости также перекаты длиной 0.7 и 1.4 км.

Анализ морфологии и расположения в русле нижней Вычегды простых перекатов, т.е. волн самого нижнего уровня, показал, что их разнообразие определяется: типом русла, а также высотой и литологией берегов реки и расположением их друг по отношению к другу и по длине морфологически однородных участков. Это позволило классифицировать перекаты в зависимости от их морфологии и условий формирования (табл. 1) [5]. В эту классификацию включены и сложные перекаты, так как их возникновение обусловлено теми же основными факторами.

Таблица 1

Классификация перекатов нижней Вычегды

Класс	Подкласс	Тип
I. Перекаты на прямолинейных неразветвленных участках русла и в главных рукавах односторонних разветвлений	1. В русле вдоль коренных берегов (простые перекаты)	
	2. На перевале потока к коренному берегу (простые перекаты)	
	3. В русле с двусторонней поймой	А) в расширениях русла ниже отхода от коренного берега (простые перекаты)
		Б) в русле с выровненным одним и неровным другим берегами (сложные перекаты)
II. Перекаты в извилистом русле		В) в расширениях русла в конце участков (сложные и простые перекаты)
		А) на перегибах и в верхних крыльях излучин (простые перекаты)
III. Перекаты в разветвленном русле		Б) в вершинах излучин (простые перекаты)
		А) в узлах разветвления (простые и сложные перекаты)
		Б) в узлах слияния рукавов (простые перекаты)

ставляет 2.3–2.8 км при наиболее часто повторяющейся длине – 2.7 км. Кроме того, отмечается повышенная повторяемость волн длиной 3.5 км. Такие характерные размеры объясняются количеством простых перекатов, входящих в сложный перекат. Наиболее часто последний образуется двумя простыми перекатами, общая длина которых – 2.3–2.8 км. Если сложный перекат состоит из трех простых перекатов, то длина каждого из них иногда возрастает до 3.5 км, а общая длина перекатного участка достигает 10.5 км и более (рис. 1).

Перекаты в русле с односторонними разветвлениями (в главных рукавах) по морфологии и режиму сходны с перекатами в неразветвленном прямолинейном русле, отличаясь от них меньшей длиной из-за отвлечения части расхода воды в боковые рукава во время прохождения $Q_{\text{ф}}$. Выделение подклассов перекатов в русле этих типов определяется их приуроченностью к участкам русла с двусторонней поймой, расположением русла вдоль коренного берега или легкоразмываемых уступов низкой террасы. Перекаты в русле с коренным берегом отличаются асимметрией – побочни хорошо развиты у пойменного берега и редуцированы у коренного; в односторонних разветвлениях эти побочни перекрывают боковые рукава; побочни у коренных берегов часто отделяются от них побочневыми протоками, по которым со временем происходит отторжение побочня.

Типы перекатов в относительно прямолинейных руслах в пойменных берегах выделяются по их расположению в начале, середине или конце участка, что во многом определяет характер переформирования и реакцию на землечерпание. В извилистом русле типы перекатов выделяются по их положению в различных частях излучин, в разветвленном – по расположению в узлах разветвления или слияния рукавов. На пологих излучинах и в прямолинейном русле развиты перекаты, побочни которых располагаются в шахматном порядке.

Динамика перекатов в естественных условиях

Переформирования перекатов можно подразделить на многолетние и сезонные. Многолетние переформирования заключаются в изменении морфологии переката от года к году. Деформации перекатов на прямолинейных отрезках русла и в узлах разветвлений, реже – в вершинах излучин, отличаются цикличностью: они периодически образуются в начале участков и смещаются затем вдоль прямолинейного русла или основного рукава со скоростью около 200 м/год; достигая конца участка русла, они вызывают обмеление находящихся здесь малоподвижных перекатов. Длительность циклов на одних перекатах составляет 10–40, на других – 2–5 лет.

Скорости смещения перекатов с побочнями в шахматном порядке на пологих излучинах и в прямолинейном русле составляют в среднем 80–100 м/год; при расположении побочней возле вогнутых берегов – до 250 м/год, при этом они частично размываются, уменьшаясь в размерах [6]. У выпуклых берегов они смещаются медленнее (около 25 м/год) и растут по площади и высоте. На участках прямолинейного русла и в рукавах одиночных разветвлений при минимальных значениях числа Лохтина (около 2.0) встречаются перекаты, перемещающиеся со скоростью до 150–200 м/год. Большие размеры побочней (по ширине – больше половины ширины русла в пойменных бровках, по высоте – до 5–6 м) обуславливают интенсивный размыв потоком противоположных им берегов – до 10–15 м/год. В тех случаях, когда подвижные побочни надвигаются на стабильные, расположенные у выпуклых берегов излучин, размывы вогнутых берегов усиливаются (до 25–30 м/год). На прямолинейных участках русла с перемещением побочней связан периодический размыв и наращивание берегов.

Многолетние переформирования малоподвижных перекатов на перегибах между излучинами или в местных расширениях прямолинейного русла заключаются в периодическом выдвигании вниз по течению кос в устьях побочней и последующем их отторжении.

Сезонные переформирования обуславливают внутригодовую цикличность развития перекатов, причем циклы повторялись в зависимости от гидрологических характеристик года. Во время прохождения половодья происходил размыв значительной части гребней простых перекатов. На сложных перекатах (состоящих из нескольких гребней) наблюдались как аккумуляция, так и размыв. Причем преобладание того или иного процесса для каждого гребня во многом определялось характеристикой половодья.

Длина перекатов на нижней Вычегде в 1910, 1990 и 1995 гг.

Перекаты и перекатные участки	Средняя длина, км		
	1910	1990	1995
Перекаты на прямолинейных неразветвленных участках русла и в односторонних разветвлениях:			
а) простые	2.4	0.9	0.8
б) сложные	5.0	1.6	4.9
Перекаты на излучинах:			
а) простые	1.5	0.8	1.0
б) сложные	3.0	–	–

Влияние дноуглубительных работ на структуру руслового рельефа

Важным следствием дноуглубительных работ на нижней Вычегде явилось изменение структуры речного дна – распределения в нем плесовых и перекатных участков, изменение размеров характерных гряд. За период 1910–90 гг., большая часть которого пришлось на интенсивное дноуглубление, произошло заметное сокращение протяженности перекатов, лимитирующих судоходство (определяемых по замыканию проектной изобаты) (табл. 2). Особенно это заметно на сложных перекатах в прямолинейном русле и на излучинах, причем наибольшие изменения отмечаются как раз в тех местах, которые более всех других подвергались дноуглублению: в частности, на излучинах сложные перекаты исчезли уже в самом начале периода интенсивного дноуглубления. Перекаты в прямолинейном русле сохранились, но резкое сокращение их длины объясняется именно большими масштабами дноуглубления в этих местах – остались только наиболее сложные и затруднительные для судоходства.

Крупномасштабное дноуглубление привело к общему изменению продольного профиля дна русла, условий транспорта донных наносов в виде гряд различных размеров. Для выявления этих изменений по состоянию дна нижней Вычегды на начало XX в. по съемке 1910 г. был проведен спектральный анализ донных волн разных порядков. Сопоставление характерных длин простых перекатов в русле 1910 г. и современному показало, что их длина мало изменилась за этот период, однако, к началу 1990-х годов произошло перераспределение встречаемости волн по длине реки в пользу более длинных гряд. Так, в 1910 г. наиболее часто встречались перекаты с длинами 0.8–0.9 км, а в 1994–95 гг. – от 1.0 до 1.1 км (рис. 2).

Причиной такой трансформации явились эксплуатационные прорезы – их разработка на сложных и простых перекатах еще на спаде половодья обеспечивала изменение формы живого сечения русла и создавала благоприятные условия для передвижения влекомых наносов не только во время половодья, но и в межень. Наличие прорезей приводило к тому, что влекомые наносы, поступающие с вышерасположенных участков, не аккумулировались на гребнях перекатов, а выносились по прорезям в их низовья, где они отлагались. В результате происходило повышение отметок дна низового откоса (подваля), что создало эффект удлинения перекатов на фоне увеличения глубин на них.

Более сложную, но в целом похожую картину показал спектральный анализ длин самых крупных волн – перекатных участков (I порядок). В 1910 г. они имели наиболее характерную длину 6–7 км при повторяемости более 50% (рис. 3). С 1910 г. к настоящему времени произошло удлинение волн, снижение встречаемости волн разной длины и рост их разнообразия по величине шагов перекатных участков. Связь этих изменений с дноуглублением подтверждается данными по размерам волн на 1952 г. Наиболее характерная их длина сохранилась той же, что и в 1910 г. – 7–8 км), но встречаемость снизилась до 30% при появлении в основном более длинных волн. Воз-

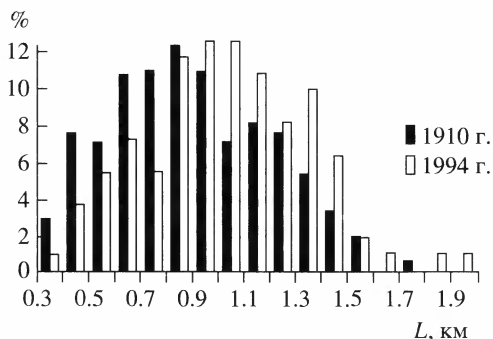


Рис. 2. Распределение длин перекатов нижней Вычегды за 1910 и 1994 гг.

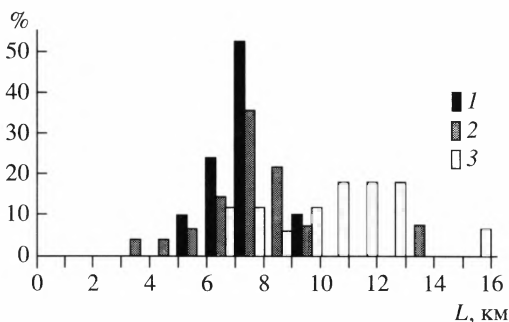


Рис. 3. Сопоставление характерных длин перекатных участков нижней Вычегды за 1910 (1), 1952 (2), 1994 (3) гг.

можно, что на трансформацию волн к 1950-м гг. оказало влияние общее маловодье 1930–40-х гг., но именно интенсификация дноуглубительных работ привела к увеличению в 1952 г. гарантированной глубины по всей нижней Вычегде до 1.0 м вместо предыдущих 70 см.

Таким образом, проведение дноуглубительных работ создало новые условия для формирования перекатных участков и, как следствие, привело к изменению соотношения в проявлении эрозивной и аккумулятивной деятельности потока. До техногенного вмешательства плесовые зоны местного размыва и перекатные участки (аккумуляции) более или менее равномерно чередовались по длине реки; проведение дноуглубительных работ привело к увеличению длины и снижению встречаемости перекатных участков разной протяженности. Иными словами, проведение работ создало более благоприятные условия для транспорта по руслу влекомых наносов, за исключением участков с минимальной (для Вычегды) пропускной способностью, где, наоборот, произошло увеличение объемов аккумуляции влекомых наносов. Положение таких участков обусловлено морфологией русла: они находятся в его расширениях вдали от коренных берегов, часто замыкая относительно прямолинейные участки. Поэтому минимальные глубины на них отличаются постоянством – требуемые для судоходства глубины поддерживались здесь только с помощью землечерпания в больших объемах. Уже на следующий год после их проведения прорези на них заносились, а глубины падали ниже гарантированных.

Таким образом, интенсивное дноуглубление на Вычегде создало предпосылки для изменения руслового рельефа. Это нашло отражение в уменьшении количества и длины затруднительных для судоходства перекатов при общем увеличении их линейных размеров, росте глубин на перекатах по сравнению с бытовыми условиями, общей стабилизации русла и обособлению перекатов в конце относительно прямолинейных участков русла, постоянно лимитирующих судоходство.

Развитие перекатов после прекращения дноуглубительных работ

После прекращения дноуглубительных работ (в 1992–95 гг. они проводились на отдельных перекатах в минимальных объемах, сопоставимых с объемами 1920–40-х гг., а затем прекратились полностью) сток влекомых наносов и переформирования перекатов осуществляются в условиях, близких к естественным. Однако в первые годы после прекращения землечерпательных работ восстановления морфологии руслового рельефа, близкой к наблюдавшейся до начала дноуглубления, не отмечалось, т. к. сохранялось влияние измененных условий руслоформирования – функционировали ранее разработанные прорезы, особенно связанные с коренным вмешательством в морфологию русла с использованием естественных гидравлических предпосылок (влия-

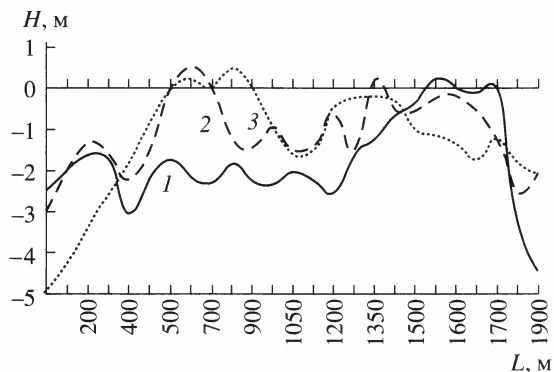


Рис. 4. Продольные профили русла на перекате Шешуровский
1 – 1993 г., срезка 56 см; 2 – 1996 г., срезка 175 см; 3 – 1997 г., срезка 120 см

пению длин простых и сложных перекатов. Так, в меженный период 1997 г. на нижней Вычегде глубины на ряде перекатов упали до 0,6 м, что приблизительно соответствует минимальным глубинам на перекатах в 1910 г. Если в первые годы после прекращения дноуглубления такие глубины не наблюдались ни на одном перекате нижней Вычегды, то в 1997 г. количество лимитирующих судоходство перекатов с такими глубинами стало уже более 10. Это позволяет сделать вывод о том, что период релаксации русла, т.е. восстановления естественной структуры морфологии донного рельефа, составил около 5 лет.

Иллюстрацией может служить изменение отметок дна в различные годы на сложном Шешуровском перекате (рис. 4), состоящем из двух гребней. Здесь в 1993 г. во время высокой межени лимитирующим по глубине был нижний гребень переката, тогда как верхний имел достаточные глубины. Но уже к 1996 г. обмелели оба гребня переката. Эта тенденция сохранилась и в 1997 г., причем верхний, гребень переката, сохранив свои отметки, увеличился по длине и сдвинулся вниз по течению на 200 м, тогда как нижний гребень переката при сохранении отметок дна уменьшился по протяженности. В результате, длина сложного переката, состоящего из двух простых, уменьшилась на 100–200 м. Подобная тенденция к синхронному обмелению всех гребней (тогда как ранее лимитировал судоходство только один – как правило, нижний) отмечалась во время половодья 1999 г. более чем на двадцати сложных перекатах.

В то же время многие перекаты по-прежнему сохраняют свою морфологию и режим в том состоянии, какого они достигли в период дноуглубления – следовательно, вновь созданная структура руслового рельефа здесь оказалась очень устойчивой. К ним относятся, в первую очередь, перекаты на прямолинейных участках в русле вдоль коренных берегов, а также некоторые перекаты в узлах разветвлений и слияний рукавов. Это объясняется долговременным влиянием на структуру и режим русла проведенных там в свое время выправительных работ. Капитальное дноуглубление, выполненное здесь с учетом естественного хода русловых деформаций и ускорившие благоприятное для судоходства развитие русла (приближение потока к коренному берегу, превращение сопряженных разветвлений в односторонние и т. д.) изменили гидродинамические условия практически необратимо. Существовавшая здесь ранее цикличность деформаций была прервана, и русло оказалось зафиксированным в наиболее оптимальном для естественного поддержания повышенных глубин положении. При этом мог измениться даже морфологический тип переката: например, вместо переката в узле разветвления он становился перекатом в русле вдоль коренного берега.

ния коренных берегов, структуры потока на излучинах и т. д.).

Поддержанию искусственно созданной структуры руслового рельефа после снятия техногенных нагрузок способствовала и специфика сезонных деформаций перекатов на Вычегде, а именно – размыв значительной части гребней простых перекатов во время половодья. Это препятствовало обмелению гребней и поддерживало удлиненную форму простых и сложных перекатов, созданную в период землечерпания.

По мере увеличения времени от начала прекращения дноуглубительных работ на реке стал происходить постепенный рост отметок дна на ряде перекатов, что привело к умень-

По этой же причине не произошло релаксации на некоторых сложных перекатах, расположенных в расширениях русла в конце прямолинейных участков, если эти участки испытывали струенаправляющее воздействие на поток половодья коренного берега. В 1999 г. на таких перекатах по-прежнему сохранялось обмеление только нижнего гребня (простого переката), тогда как верхний оставался глубоким или вообще отсутствовал, т.е. длина волн второго и третьего порядка сохранялась такой, какой она стала в период дноуглубления.

Заключение

Анализ изменений, произошедших в русловом рельефе нижней Вычегды в период активного проведения дноуглубительных работ, а также ситуации, сложившейся после их прекращения, позволяют сделать следующие выводы.

1. Активное дноуглубление, проводившееся с конца 1940-х до начала 1990-х гг., изменило структуру руслового рельефа нижней Вычегды почти на всем ее протяжении. Увеличилась длина перекатных участков, а их глубины возросли с 0.7 до 1.3 м. При этом произошло фиксирование положения лимитирующих по глубине перекатов по длине реки.

2. После прекращения дноуглубления в начале 1990-х годов на ряде перекатов произошло восстановление структуры речного русла, которая возвратилась к состоянию, близкому к существовавшему в 1910 г. Как правило, это касается сложных перекатов в относительно прямолинейном русле или в русле с односторонними разветвлениями в пойменных берегах. Наряду с восстановлением структуры, к естественному состоянию на таких перекатах пришли и глубины, снизившись на гребнях в межень до 0.6–0.7 м.

3. Вместе с тем, после прекращения активного антропогенного воздействия на многих других перекатах русла сохранилась вновь созданная благодаря дноуглублению структура рельефа. Восстановление исходной структуры, а также глубин на них не произошло. Это объясняется устойчивым влиянием естественных гидравлических факторов, обусловивших необратимые изменения в морфологии русла и режиме перекатов. Такая картина наблюдается на перекатах в прямолинейном русле с коренным берегом и на излучинах, а также на некоторых перекатах в узлах разветвления и слияния рукавов.

Прекращение дноуглубительных работ повлекло за собой постепенное восстановление естественного режима деформаций на наиболее сложных по морфологии и динамике перекатах. Для восстановления естественных исходных глубин на них потребовалось около 5 лет. В то же время произошедшие кардинальные изменения за счет проведения дноуглубительных работ до сих пор продолжают оказывать влияние на деформации многих других перекатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.В., Чалов Р.С., Чернов А.В.* Малые города и русловые процессы на большой реке (Коряжма, Сольвычегодск, Котлас на Вычегде) // XIII пленарн. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Псков: Изд. ПсковГПИ, 1998. С. 184–186.
2. *Алексеевский Н.И.* Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
3. *Чалов Р.С.* Общее и географическое русловедение. М.: Изд-во МГУ, 1997. 112 с.
4. *Чалов Р.С.* Излучины реки Вычегды // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1974. Вып. 4. С. 128–142.
5. *Бельй Б.В., Иванов В.В., Никитина Л.Н. и др.* Морфология и динамика русла нижнего течения Вычегды в период активных дноуглубительных работ и после их прекращения // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2001. Вып. 13. С. 146–183.
6. *Чалов Р.С.* Динамика перекатов и ее количественные характеристики // Вопр. географии. 1963. Сб. 63. С. 100–111.

S u m m a r y

The paper discusses the problems of a large river morphodynamics in the course of artificial channel straightening and after that, the Lower Vycheгда taken as an example. There are dune bedforms (riffles) of various size and morphology in its channel. During the period of intensive dredging many riffles were completely destroyed, others became morphologically simpler and the dynamics of their periodic reformations became simpler too. Since 1991 artificial dredging almost ceased. Some of the riffles have returned to the natural state while others have kept the human induces mode of channel deformation and relatively larger depths. At downstream ends of straight channel sections the new very shallow riffles were formed, being of maximum for the Vycheгда wavelength and not eroded during the low water level period. These riffles did not exist under natural conditions prior to dredging. They formed due to irreversible anthropogenic changes of channel deformation regime on upstream riffles.

УДК 551.4.35.162(470.333.25)

© 2007 г. С.Н. КОВАЛЕВ, М.В. ВЕРЕТЕННИКОВА, Е.Ф. ЗОРИНА

**ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО
ПАМЯТНИКА “ВЕРХНИЙ И НИЖНИЙ СУДКИ” В г. БРЯНСКЕ¹**

Развитие овражно-балочных систем в крупных городах создает комплекс проблем, связанных со спецификой использования земель, пораженных линейной эрозией, угрозой разрушения жилых и хозяйственных построек, а так же химическим загрязнением прилегающих территорий при использовании оврагов и балок под свалки. Последнее широко практикуется даже в центральных частях крупных городов. Например: в Москве на Мосфильмовской улице, где расположены посольства Германии, Швеции, торгпредства ряда стран участок оврага превращен в свалку. Местами свалок служат и занимающие центр г. Брянска балочные системы Верхний и Нижний Судки. Подобная эксплуатация городских территорий непоправимо разрушает природные системы, ухудшает экологическую обстановку в городах и наносит значительный ущерб здоровью людей. Для решения таких проблем требуются значительные материально-технические ресурсы, а так же научно обоснованная система развития инфраструктуры городов. В некоторых областных центрах – Воронеже, Курске, Нижнем Новгороде, Чите, Брянске существует реальная опасность активизации современных и образования новых овражных форм.

Потребность городских агломераций в максимальном использовании территории приводит к возникновению конфликтных ситуаций, когда расширение площади застройки ограничено возможностью использования под строительство водосборов овражно-балочных систем. Даже в таких мегаполисах, как Москва, где на благоустройство выделяются большие материальные ресурсы, мероприятия по ограничению развития оврагов нередко оказываются безрезультатными. В последние годы параллельно с ростом жилищного строительства, увеличением парка городского транспорта и личных автомашин, все острее встает вопрос сохранения и защиты рекреационных зон, создания природных заповедников в черте городов, восстановления и расширения территорий зеленых насаждений.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-64569) и программы поддержки научных исследований, проводимых научными школами РФ (НШ-4884.2006.5).