

в Двинском заливе и на восточной периферии бассейна, свидетельствует о том, что это был «язык» еще действующего ледника. Отступление «языка» ледника происходило, по всей видимости, за счет сокращения всей его массы. Место его относительно длительной остановки (в Центральной впадине Белого моря) маркируется поясом краевых образований, зафиксированных у островов Средние Луды и в районе банки Царь (Кандалакшский залив), а также по периферии (бровке) и склонам Центральной впадины моря.

Формирование донного рельефа под действием приливо-отливных течений происходит в Белом море, вероятно, в течение последних 8 тыс. лет, т. е. после того, как уровень трансгрессирующего Баренцева моря превысил высоту порога стока в Горле Белого моря и баренцевоморские воды заполнили Центральный бассейн моря.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Варейчук Н. С., Александров А. А., Фукс Б. К.* Использование гидролокатора бокового обзора для изучения природных ресурсов континентального шельфа // Вестн. МГУ. Сер. Б. География. 1982.— Деп. в ВИНТИ 9.IV.1982. № 941—82.
2. *Варейчук Н. С., Александров А. А., Ошеверов М. Г., Фукс Б. К.* Изучение характеристик морского дна с применением фазового гидролокатора бокового обзора // Океанология. 1983. Т. XXIII. № 3. С. 508—512.
3. *Мануйлов С. Ф., Рыбалко А. Е., Спиридонова Е. А., Спиридонов М. А.* Четвертичная геология северо-западной части Белого моря // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1977. С. 47—55.

Московский государственный университет  
Геологический факультет

Поступила в редакцию  
21.IV.1987

### GEOMORPHOLOGICAL MAP OF THE WHITE SEA FLOOR

VAREICHUK N. S., IGNATOV E. I.

#### Summary

The marine geomorphological survey of the White Sea floor using echo sounding revealed landforms different in origin and structure. Large glacial landforms which encircle the deep basin suggest an ice mass filling the central depression for a long time. Traces of glacial erosion are distinct in the Kandalaksha Bay, central depression and near the Karelian coast, the ice moved from NW. Various glacial and glaciofluvial hills and depressions are mapped on the floor of the Onega Bay, as well as shoals and ice-polished bedrock knobs. On the Dvina Bay floor glacial till was deposited and later covered with the alluvium of the Severnaya Dvina river, which built the delta front and numerous islands within the limits of the delta. Within the strait connecting the White Sea and the Barents Sea the floor topography is modelled by tidal currents.

УДК 551.435.04

ЗАЙЦЕВ А. А., САВЦОВА Т. М.

### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОГО РУСЛА В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Активные факторы формирования речного русла — гидравлическая структура и гидрологический режим естественного потока образуют в размываемом русле реки аллювиальные формы рельефа. Наиболее существенные преобразования, в процессе которых русла рек приобретают морфологический облик, осуществляются в сравнительно короткие периоды прохождения руслоформи-

рующих расходов воды ( $Q_{\phi}$ ). В годовом разрезе может наблюдаться несколько интервалов  $Q_{\phi}$ , различающихся по величине и обеспеченности [1,2]. Каждый из них влияет на русло, в результате чего рельеф последнего представляет собой серию как бы вложенных друг в друга более простых русловых форм [2]. Исследуя иерархию русловых форм, Р. С. Чалов выделил три порядка форм, которые наблюдаются во всех известных типах русла и соответствуют определенному интервалу  $Q_{\phi}$  [3].

Многофакторность процесса образования русловых форм в принципе поддается как качественной, так и количественной оценке. Количественная оценка руслового рельефа проводится с помощью комплексных (обобщенных) и более частных показателей, между которыми устанавливаются эмпирические зависимости. В последнее время широко используются интегральные распределения количественных показателей по длине и ширине русла и их связь с изменением форм руслового рельефа. Однако работ, оценивающих изменение показателей при смене фаз гидрологического режима, т. е. во времени, сравнительно мало и касаются они обычно наиболее элементарных форм руслового рельефа — гряд, перекатов [4,5].

Одним из важных критериев, интегрально определяющих степень и характер взаимодействия потока и русла, является соотношение средних скоростей потока  $V$  и неразрывающих скоростей для данного состава донных отложений ( $V_n$ ) —  $V/V_n$ , т. е. фактическая устойчивость аллювиального ложа. Исследование данного критерия позволило установить особенности взаимодействия русла и потока и формирование различных морфологических типов русла. Было отмечено [6—8], что при  $V > V_n$  русло является в целом разрываемым; его деформации сводятся к образованию многочисленных побочней, осередков в относительно прямолинейных неразветвленных руслах, либо формировании свободных излучин, развитием которых определяется блуждание русла по дну долины. В этом случае на первое место выдвигаются гидрологические факторы формирования русла реки и в первую очередь гидравлическая структура потока в данную фазу режима.

В случае когда  $V_n > V$ , преобладающее значение приобретают геолого-геоморфологические факторы руслового процесса; гидравлическая структура потока в большей степени зависит или полностью находится под контролем геоморфологических особенностей русла и оконтуривающих речной поток берегов. Способность потока к «саморегулированию» (по М. А. Великанову — поток управляет руслом, русло управляет потоком) постоянно нарушается благодаря неподатливому размыву выступам в ложе реки, сложенным скальными грунтами или очень крупным (валунным) материалом. Морфологические типы русла в этих условиях, как правило, достаточно однообразны и в основном представлены неразветвленными отрезками рек: врезанными прямолинейными или врезанными излучинами.

Для разветвленного русла характерно примерное равенство скоростей потока и скоростей начала размыва руслообразующих наносов. В русле существуют обширные зоны, где  $V \approx V_n$ ; осередки, перемещающиеся с вышележащих участков, замедляя свое движение увеличиваются в размерах и зарастают, образуя острова. В то же время поток еще достаточно активен, расход влекомых наносов значителен. Сосредоточение потока и «саморегулирование» системы поток — русло происходит в отдельных ветвях течения — в областях русла, где  $V > V_n$ . В то же время в зонах, где  $V < V_n$ , формируются острова. При условии  $V \approx V_n$  наблюдаются наиболее сложные русловые разветвления.

Эти выводы получены при анализе пространственного соотношения  $V$  и  $V_n$ . Скорости рассчитаны для условий прохождения руслоформирующего расхода воды в бровках пойменных яров. Очевидно, при понижении уровня воды соотношение  $V$  и  $V_n$  будет определять дальнейшее развитие русел (форм 2-го и 3-го порядков, по Р. С. Чалову [3]) по определенному типу: если скорость потока будет превышать неразрывающую скорость для данных донных отложений,

**Расходы воды и значения  $V/V_n$  в различные фазы гидрологического режима**

Фазы гидрологического режима	Участок и тип русла		
	Кошница, прямолинейный	Варница — Липканы, прямолинейный	Шерпены, разветвленный
I фаза			
Уровень воды, см	20	10	10
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	200	170	120
			(пр. 29, лев. 91)
Значение $V/V_n$	0,57	1,50	1,59
II фаза			
Уровень воды, см	240	246	210
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	520	530	400
			(пр. 130, лев. 270)
Значение $V/V_n$	1,13	1,38	0,90
III фаза			
Уровень воды, см	530	530	530
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	1150	1150	1150
			(пр. 315, лев. 835)
Значение $V/V_n$	1,29	1,38	1,04

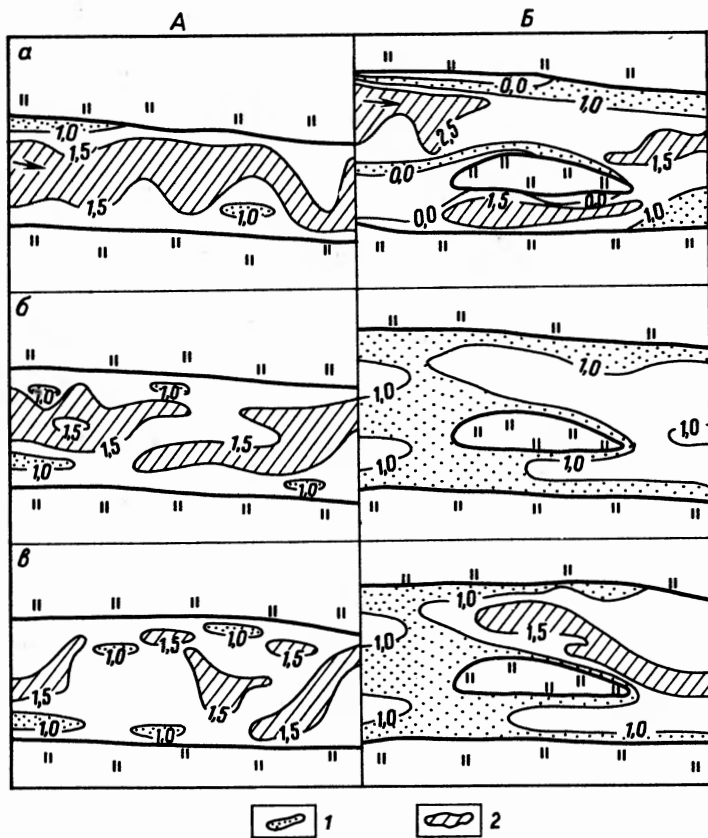
будут формироваться меандры 2-го и 3-го порядков, либо развиваются меандры рукавов в разветвлениях; если наблюдается примерное равенство  $V$  и  $V_n$  — будет продолжаться разветвление.

Для обоснования выдвинутого положения было проведено исследование трех участков нижнего Днестра, характеризующихся меандрированием и разветвлением на рукава<sup>1</sup>. Выбор реки обусловлен имеющимися русловыми картами и схемами распределения руслообразующих наносов по механическому составу, составленных для различных уровней воды (таблица). Расчет  $V$  и  $V_n$  проводился по методике, описанной в наших предыдущих работах [6,7].

Днестр в нижнем течении — типичная равнинная судоходная река среднего размера. Ее среднегодовой расход составляет 450—500 м<sup>3</sup>/с. Русло преимущественно неразветвленное, имеет небольшие (~0,1%) уклоны. По мере уменьшения уклонов и расширения долины вниз по течению вынужденные и адаптированные излучины и прямолинейные участки сменяются свободными излучинами. Русло в основном выстлано песчаным аллювием, легко размываемым потоком; пойменные берега преимущественно глинистые. Такое сочетание песчаного ложа и глинистого строения поймы является, по мнению Б. В. Матвеева и В. В. Иванова [9], причиной образования специфичной пальцеобразной формы излучин. На ряде участков в русле встречаются одиночные разветвления, повсеместно развиты песчаные гряды. Выбранные участки — Кошница, Варница — Липканы характеризуются прямолинейным руслом, Шерпены — разветвленным на два рукава руслом, причем во все фазы гидрологического режима главным является левый рукав, в котором проходит большая часть воды (таблица).

Анализ усредненного по длине и ширине реки соотношения  $V/V_n$  для выбранных участков Днестра позволил сделать вывод, что при прохождении  $Q_{\phi}$  верхнего интервала (III фаза, таблица) отношение  $V/V_n$  для разветвленного участка реки в Шерпенах равно 1,04 (т. е. практически  $V \approx V_n$ ). Это обуславливает разветвление на рукава и последующий рост острова. Отношение  $V/V_n$  для прямолинейного участка Варница — Липканы равно 1,38. Руслообразующие наносы перемещаются свободно по всей ширине русла, что в целом препятствует разветвлению и определяет протекание потока в одном русле. При дальнейшем понижении уровня воды в межень (I фаза, таблица) наблюдается увеличение отношения  $V/V_n$  на обоих участках, т. е. увеличение степени воздействия потока на русло, критерий  $V/V_n > 1,5$ , взаимодействие потока

<sup>1</sup> Данная работа выполнена по натурным материалам русловой экспедиции Географического факультета МГУ летом 1983 г.



Взаимодействие потока и русла на неразветвленном (А) — Варница — Липканы) и разветвленном (Б — Шерпены) участках Днестра

а — при прохождении  $Q_{\phi}$  верхнего интервала (III фаза режима), б — при среднем значении  $Q_{\phi}$  (II фаза режима), в — в условиях межени (I фаза режима); 1 — зоны, где  $V/V_n < 1$ , 2 — зоны, где  $V/V_n > 1,5$

на русло должно идти по типу меандрирования. Таким образом, в межень происходят активные перестроения как прямолинейного русла, так и рукавов в разветвлении.

Участок Кошница является исключением: в русле повсеместно развиты галечные отложения. Выше по течению река размывает галечные цоколи террас, материал которых и формирует на исследованном участке реки галечную отмостку. В результате снижается значение отношения  $V/V_n$  и в целом степень активности потока по отношению к ложу реки.

Проанализируем отдельно участки прямолинейного и разветвленного русла Днестра в различные фазы гидрологического режима.

При прохождении  $Q_{\phi}$  верхнего интервала прямолинейный участок Варница — Липканы характеризуется размываемым руслом: донные наносы перемещаются в пределах всего русла. Только у берегов наблюдаются отдельные незначительные по площади зоны остановки (аккумуляции) наносов. В русле выделяются зоны наиболее активного взаимодействия потока и грунтов ( $V/V_n > 1,5$ ), расположенные посередине русла (рисунок, А, III фаза). На спаде половодья или паводка (II фаза) положение зон остановки наносов практически не меняется, и русло на всем протяжении участка остается размыва-

емым. Площадь активного взаимодействия потока с руслом занимает всю центральную часть участка. При этом намечается меандрирование стрежня потока, что проявляется во взаимном расположении зон активного взаимодействия последовательно у правого и левого берегов.

Процесс меандрирования окончательно оформляется при дальнейшем понижении уровня воды, т. е. в межень (I фаза). Здесь отмечается стабильное чередование зон активного взаимодействия потока и русла у правого и левого берегов. В прибрежных областях отношение  $V/V_n$  уменьшается и становится  $< 1$ , что обуславливает остановку здесь руслообразующих наносов и сокращение живого сечения реки. При этом области аккумуляции наносов у берегов располагаются в шахматном порядке. Вся схема в целом представляет собой аналогию со схемой формирования перекатов, предложенной Н. И. Маккавеевым [1]. Таким образом, на прямолинейном участке русло практически во все фазы гидрологического режима размываемое. Однако зона активного взаимодействия потока с руслом по мере уменьшения расхода воды увеличивается по площади, оформляются меандры, образующие в конечном счете формы русла 2-го порядка. Поскольку сам процесс меандрирования наибольшее развитие получает только в период межени, когда мощности потока не хватает для размыва глинистых пойменных берегов, река на этом участке сохраняет свое прямолинейное направление.

На разветвленном участке Шерпыни при прохождении  $Q_{\phi}$  верхнего интервала русло характеризуется наличием обширных зон аккумуляции наносов, особенно непосредственно перед островом, образующем узел разветвления русла на рукава. Перемещение аллювия наблюдается в левом рукаве на всем протяжении и в устье правого рукава. Однако зона наиболее активного взаимодействия ( $V/V_n > 1,5$ ) приурочена только к истоку и устью левого рукава (III фаза). При понижении уровня воды (II фаза) остановка наносов продолжается и занимает практически все русло. Зоны, где  $V/V_n > 1,5$ , вообще не отмечаются в эту фазу гидрологического режима. Однако в межень (I фаза) активные переформирования русла потоком возобновляются. В это время резко сокращаются размеры живых сечений рукавов, а остров как бы заметно увеличивается в размерах, занимая всю центральную часть русла. В рукавах отмечается меандрирование стрежня потока, что выражается в чередовании зон активного взаимодействия потока с руслом у левого берега и у острова. Поэтому в межень развитие рукавов идет по типу меандрирования.

Иная картина формирования русла в различные фазы гидрологического режима наблюдается на участке Кошница (таблица). Дно реки здесь сложено мелкой галькой, устойчивой к размыву. В период прохождения руслоформирующего расхода воды отношение  $V/V_n = 1,29$ , аллювий интенсивно перемещается и поток способен образовывать русловые формы, соответствующие особенностям его гидравлической структуры. Постепенное снижение уровня воды приводит к уменьшению скорости течения и величины отношения  $V/V_n$ . При расходе воды  $520 \text{ м}^3/\text{с}$  оно составляет 1,13, а в межень (при  $200 \text{ м}^3/\text{с}$ ) только 0,57. Поэтому в условиях межени переформирования русла прекращаются. Дно реки на участке становится чрезвычайно устойчивым. Главным фактором руслового процесса является сформировавшаяся в высокую воду и не соответствующая гидравлическим характеристикам меженного потока морфология ложа.

Таким образом, при прохождении  $Q_{\phi}$  различные условия взаимодействия потока и русла определяют морфологию русла. При  $V/V_n > 1,0$  русло полностью размываемое, что обуславливает развитие прямолинейного либо меандрирующего русла. При приближении  $V/V_n$  к 1 донные наносы останавливаются и формируется русло, разветвленное на рукава. В межень наблюдается местная активизация взаимодействия потока и русла (рост  $V/V_n$ ) в пристрежневой зоне, благодаря чему образуются формы русла (излучины) 2-го порядка.

1. *Маккавеев Н. И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 246 с.
2. *Чалов Р. С.* Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 231 с.
3. *Чалов Р. С.* Факторы русловых процессов и иерархия русловых форм // Геоморфология. 1983. № 2. С. 16—26.
4. *Турыкин Л. А., Чалов Р. С.* Об оценке сезонных деформаций перекаатов на реках с паводочным режимом // Метеорология и гидрология. 1985. № 8. С. 77—82.
5. *Сидорчук А. Ю.* Морфология и динамика рельефа русла нижнего Нигера // Проблемы морфодинамики. М.: Изд-во АН СССР, 1983. С. 21—38.
6. *Зайцев А. А., Савцова Т. М.* Вторичная разветвленность многорукавного русла и механизм ее формирования // Геоморфология. 1984. № 4. С. 53—60.
7. *Зайцев А. А., Савцова Т. М.* Формирование разветвленного русла как отражение процесса выравнивания транспортирующей способности потока // Геоморфология. 1986. № 4. С. 63—69.
8. *Савцова Т. М.* Условия формирования и морфология русел рек, разветвленных на рукава: Автореф. дис... канд. географ. наук. 11.00.04. М., МГУ, 1985. 28 с.
9. *Матвеев Б. В., Иванов В. В.* Особенности формирования извилистых русел в глинистых грунтах (на примере нижнего Днестра) // Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 219—220.

Московский государственный университет  
Географический факультет  
Брянский пединститут

Поступила в редакцию  
27.V.1987

## RIVER CHANNEL FORMATION UNDER CONDITIONS OF VARIOUS PHASES OF HYDROLOGICAL REGIME

ZAITSEV A. A., SAVTSOVA T. M.

### Summary

The paper considers changes in areal ratio between the hydraulic component of the river flow (expressed in terms of the mean stream velocity in vertical) and the size of lag deposits («channel pavement»); the latter can be numerically presented through values of velocity required to set the bottom deposits in motion, depending on the phase of the hydrological regime. A change in phases of the stream regime results in the reversal of the channel process, which also causes changes in the channel morphology.

УДК 551.435

КРИВЦОВ В. А.

## МОЩНОСТЬ ЧЕХЛА РЫХЛЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА СКЛОНАХ МАССОВОГО СМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА И ДИНАМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СКЛОНОВ

Склоны низких гор Нижнего Приамурья, выработанные в скальных породах, независимо от их морфологии практически на всей площади (> 99%) несут сплошной чехол рыхлых образований. Это определяет повсеместное развитие процессов массового медленного смещения материала по их поверхности, которое играет ведущую роль в преобразовании самих склонов.

Обобщение и анализ опубликованных данных, а также специально проведенные исследования показывают, что динамическое состояние склонов массового смещения достаточно четко проявляется в мощности коллювиальных образований по их профилю.