



ДИНАМИКА ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДНА НА УСТЬЕВОМ УЧАСТКЕ р. ТЕРЕКА

8.1. ФАКТОРЫ, ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РУСЛА НА УСТЬЕВОМ УЧАСТКЕ р. ТЕРЕКА

Один из методических подходов, позволяющих вскрыть причины и механизм изменения продольного профиля русла на неприливно-м устьевом участке реки, основан на концепции так называемого «устойчивого» уклона [Михайлов, 1971; Михайлов и др., 1986]. Метод заключается в сравнении фактического уклона реки или дельтового водотока I с «устойчивым» уклоном I_0 , отвечающим состоянию динамического равновесия русла, когда при заданных расходах воды и наносов, поступающих на данный участок русла, не происходит направленных русловых деформаций — эрозии или аккумуляции.

Направленность эрозионно-аккумулятивного процесса на устьевом участке реки определяется характером неравенства $I \leq I_0$: при $I > I_0$ происходит направленная эрозия, врезание и понижение русла; при соотношении $I < I_0$ — направленная аккумуляция наносов и повышение дна русла; при $I = I_0$ русло находится в динамически устойчивом состоянии (возможны лишь обратимые русловые деформации).

На основе изложенного подхода разработаны возможные схемы развития направленных эрозионно-аккумулятивных процессов на неприливно-м участках рек [Алексеевский, Михайлов, 1983; Михайлов и др., 1986] (табл. 28).

Таблица 28

Факторы и схемы русловых переформирований на устьевом участке реки

Фактор, влияющий на изменение I или I_0	Тенденция изменения фактора	Тенденция изменения		Соотношение между I и I_0	Характер вертикальных деформаций дна русла
		I	I_0		

Руслоформирующий расход воды Q_p	+		—	$I > I_0$	Эрозия
То же	—		+	$I < I_0$	Аккумуляция
Мутность воды ρ_p	+		+	$I < I_0$	»
То же	—		—	$I > I_0$	Эрозия
Длина русла L	+	—		$I < I_0$	Аккумуляция
То же	—	+		$I > I_0$	Эрозия
Уровень моря H_m	+	—		$I < I_0$	Аккумуляция

Таблица 28 (окончание)

Фактор, влияющий на изменение I или I_0	Тенденция изменения фактора	Тенденция изменения		Соотношение между I и I_0	Характер вертикальных деформаций дна русла
		I	I_0		
Уровень моря H_m	—	—	—	$I < I_0$	»
»	—	при $i_{взм} < I_0$	+	$I > I_0$	Эрозия
		при $i_{взм} > I_0$			

Примечание. Плюс (+) означает увеличение (повышение), минус (—) — уменьшение (понижение) фактора или характеристики.

Величина «устойчивого» уклона I_0 обратно пропорциональна руслоформирующему расходу воды Q_p и прямо пропорциональна расходу русловых наносов [Михайлов и др., 1986]. Для условий устьевого участка р. Терека получено

$$I_0 = k R_p^{0,75} Q_p^{-1,0}, \quad (8.1)$$

где эмпирический коэффициент $k = 15 \cdot 10^{-5}$.

Расход русловых наносов для устья р. Терека связан с расходом воды зависимостью

$$R_p = 0,0024 Q^{2,1}. \quad (8.2)$$

Если для некоторого периода времени известен руслоформирующий расход воды Q_p (см. гл. 3), то с помощью зависимостей (8.2) и (8.1) может быть рассчитана и величина «устойчивого» уклона для того же периода времени.

В зависимости от характера изменения факторов, влияющих как на фактический уклон I (изменение уровня моря с учетом уклона дна взморья $i_{взм}$, устьевое удлинение, искусственное сокращение длины русла и др.), так и на «устойчивый» уклон I_0 (естественное или антропогенное изменение руслоформирующего расхода воды и расхода русловых наносов) (табл. 29), в различных зонах устьевого участка Терека и в разные периоды его формирования складывались различные соотношения между I и I_0 , определяя эрозионно-аккумулятивные процессы разной направленности (табл. 30).

На протяжении рассмотренных четырех периодов (с 1914 г. по настоящее время) в низовьях Терека постепенно уменьшался средний и руслоформирующий расход воды вследствие сокращения речного стока в результате развития орошаемого земледелия в бассейне реки.

Устьевое удлинение и сооружение спрямляющих прорезей изменяли длину русла и фактический уклон водной поверхности потока (см. гл. 5). Одновременно изменялся и уровень Каспийского моря (см. разд. 4.1), также влияющий на уклон водной поверхности в нижней зоне устьевого участка. В результате

Таблица 29

Факторы формирования продольного профиля русла на устьевом участке р. Терека и их изменения

Период	Годы	Расход воды, м ³ /с		Средний расход русловых наносов, кг/с	Изменение	
		средний	руслоформирующий		длины русла на устьевом участке ΔL , км	уровня моря ΔH_m , м
I	1914—1939	331	720	469	0	-1,5
II	1940—1962	262/200	380/271	288/163	+12 ^{1*}	-0,7
III	1963—1976	156/132	175/125	96,8/69,4	+25 ^{1*}	-0,5
IV	1977—1989	165/130	175/125	109/88,4	-25 ^{2*} -25 ^{3*} +1,5 ^{4*}	+1,3

Примечание. Данные в числителе соответствуют участку выше, а в знаменателе — ниже г/п Аликазган; 1* — устьевое удлинение русла в Аграханском заливе; 2*, 3* — сокращение русла в 1973 и 1977 гг. в результате прорыва и открытия прорези; 4* — выдвигание «новой» дельты Терека.

Таблица 30

Соотношение между фактическим, «устойчивым» уклоном и характер вертикальных деформаций русла Каргалинского прорыва в разные периоды его формирования

Период	Годы	Уклон 10 ⁻⁵		Соотношение между I и I_0	Характер деформаций продольного профиля дна на устьевом участке реки
		фактический (I)	«устойчивый» (I_0)		
I	1914—1939	31,3	21,0	$I > I_0$	Эрозия
II	1940—1962	28,0/21,0	27,6/25,0	$I > I_0 / I < I_0$	Эрозия/аккумуляция
III	1963—1976	25,9/16,0	26,4/28,4	$I < I_0$	Аккумуляция
IV	1973, 1977—1979	28,2/40,0	28,9/27,8	$I < I_0 / I > I_0$	Аккумуляция/эрозия
	1980—1989	28,0/18,0	30,3/31,2	$I < I_0$	Аккумуляция

Примечание. Данные в числителе относятся к участку реки выше, а в знаменателе — ниже г/п Аликазган.

возникновения несоответствия между фактическим и «устойчивым» уклонами водной поверхности и происходили общие деформации продольного профиля русла Каргалинского прорыва.

В первый и второй периоды формирования русла Каргалинского прорыва общий фактический уклон первичной поверхности озерно-плавневой зоны превышал «устойчивый» уклон водотоков в пределах наложенной дельты, поэтому здесь русло врезалось. Локально в первичных понижениях дельтовой равнины и в переуглубленных плёсах наблюдалась и аккумуляция наносов.

В третий и четвертый периоды из-за уменьшения руслоформирующего расхода воды «устойчивый» уклон русла увеличился. В то же время в русле уже выработался уклон, соответствующий условиям большой водности потока. В пределах наложенной дельты Каргалинского прорыва в русле началась аккумуляция

наносов. В третий период эта аккумуляция была повсеместно, в четвертый она замедлилась на верхних 30 км русла, где были сооружены спрямляющие русло прорези и искусственно увеличен фактический уклон свободной поверхности потока.

В пределах причлененной дельты Аликазгана во второй и третий периоды в условиях быстрого устьевого удлинения фактический уклон водной поверхности был меньше «устойчивого». Наносы интенсивно аккумуляровались. Этот процесс распространялся на нижнюю часть наложенной дельты Каргалинского прорыва.

В конце третьего—начале четвертого периода в результате значительного искусственного сокращения длины русла р. Терек прорезью через Аграханский полуостров резко увеличился фактический уклон русла Каргалинского прорыва. Превышение фактического уклона над «устойчивым» привело к формированию волны регрессивной эрозии.

Повышение уровня Каспийского моря в последние годы компенсировало влияние искусственного сокращения длины русла. Фактический уклон водной поверхности уменьшился, и в нижней зоне устьевого участка началась аккумуляция наносов. В районе г/п Дамба аккумуляция и повышение дна русла начались в 1979 г., в районе г/п Аликазган—с 1980—1981 гг. Таким образом, начиная приблизительно с 1980 г. на всем протяжении устьевого участка р. Терек наблюдается процесс аккумуляции наносов и повышение отметок дна русла.

8.2. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РУСЛА НА УСТЬЕВОМ УЧАСТКЕ Р. ТЕРЕКА

На устьевом участке р. Терек наиболее сильно проявляются вертикальные деформации русла. В первый период развития Каргалинского прорыва (1914—1939 гг.) образовался начальный продольный профиль русла (см. рис. 17). Дельтовая равнина Терек вдоль будущей трассы прорыва была наклонена в сторону Аграханского залива. На фоне этой наклонной поверхности со средним уклоном около $31,3 \cdot 10^{-5}$ выделялись котловины с практически плоским днищем и гривы с крутыми склонами (крутизна до $15,0 \cdot 10^{-4}$). Выше грив формировались озерные мелководные и широкие плёсы, на гривах—глинистые перекаты, ниже грив—врезанные в отложения дельтовой равнины узкие глубокие русловые плёсы. Продольный профиль дна приобрел к 1940 г. волнообразную форму. Его средний уклон уменьшился до $27,5 \cdot 10^{-5}$, глубина в озерных плёсах составляла 1,0—1,2 м, на глинистых перекатах—несколько десятков сантиметров, в русловых плёсах—до 13 м. Интенсивность глубинной эрозии на глинистых перекатах составляла до 15—20 см/год, скорость регрессивного отступления уступов на гривах—2—3 км/год.

Первый период развития русла Каргалинского прорыва совпал с периодом наиболее интенсивного снижения уровня Каспийского моря. Однако из-за наличия многочисленных местных базис эрозии понижение уровня моря не сказалось на характере деформации продольного профиля русла.

Второй период развития дельты Каргалинского прорыва (1940—1962 гг.) проходил на фоне естественного понижения водности реки и заметного влияния на гидрологический режим хозяйственной деятельности в бассейне реки (см. гл. 2).

Во второй период формирования наложенной дельты Каргалинского прорыва продольный профиль дна выполаживался и выравнивался (см. рис. 17). Были срезаны местные базисы эрозии—пороги; в потоке исчезли связанные с порогами быстрины. Последний заметный перепад уровней свободной поверхности прекратил существование в результате регрессивной эрозии в 1948 г. В 1925 г. этот перепад располагался у с. Аликазган, в 1946 г.—на 10 км, в 1947 г.—на 11 км, в 1948 г.—на 13 км выше села. Дно русла Каргалинского прорыва за 1940—1962 гг. понизилось на порогах в среднем на 1,0—2,0 м.

Общее врезание русла происходило на верхнем русловом участке Каргалинского прорыва (0—35 км от вершины дельты). Здесь глубина вреза в среднем составила 0,6 м, достигая на отдельных отрезках реки 3 м. В результате врезания русла и исчезновения местных базисов эрозии средний уклон дна уменьшился к 1962 г. до $25,9 \cdot 10^{-5}$. В результате размыва русла в поток поступило 9,2 млн т донных грунтов.

Ниже по течению преобладал процесс повышения русла (см. рис. 17). Были полностью перекрыты наносами глубокие узкие плёсовые ложины. На 35-м километре от вершины дельты минимальные отметки дна повысились за 1940—1962 гг. с -23,0 до -15,0 м; на 55-м километре от ее вершины—с -27,0 до -21,0 м; на 80-м километре—с -32,0 до -26,0 м. За период 1929—1939 гг. средняя интенсивность повышения дна реки у с. Аликазган составляла 0,7 м/год, с 1939 по 1947 г.—0,34 м/год, с 1947 по 1962 г.—0,18 м/год (табл. 31). Общий подъем дна с 1939 г. составил 5,7 м. У Кутан-Аула отметки дна повышались также: за 1939—1962 гг. их подъем составил 1,1—1,3 м. Интенсивность подъема дна здесь увеличилась с 0,02 м/год в 1939—1948 гг. до 0,09 м/год в 1949—1962 гг. Направленное накопление наносов в русле реки сопровождалось повышением уровня воды в районе этих створов (рис. 25). Средний слой аккумуляции в плёсах составил 2,1 м, достигая в ряде случаев 6—7 м. Здесь отложилось до 5 млн т песчаных наносов.

Таблица 31

Изменение средних отметок дна реки (м БС) у г/п Аликазган

Расход воды, м ³ /с	Год						
	1929	1939	1947	1962	1973	1976	1979
100	—	-31,75	-28,50	-26,11	-25,45	-26,15	-26,24
200	—	-31,79	-28,65	-26,02	-25,25	-25,06	-26,12
300	-39,0	-31,90	-29,20	—	—	-24,89	—

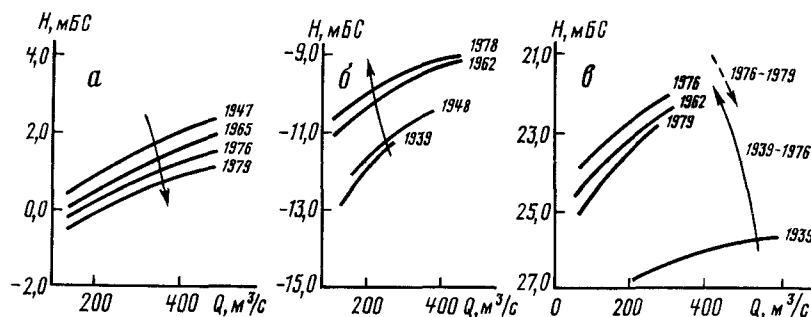


Рис. 25. Изменение во времени кривых $Q=f(H)$ в нижнем бьефе Каргалинского гидроузла (а), у Кутан-Аула (б) и Аликазгана (в)

Во второй период развития дельты Каргалинского прорыва русло по-прежнему не обеспечивало транзит всего объема стока воды и наносов, поступающего в дельту. Темпы повышения отметок поймы на этом этапе замедлились из-за увеличения ее высоты. В верхней зоне устьевое участка (0—50 км) на пойме накопилось от 0,5 до 1,5 м наилка, а на нижнем, где продолжался процесс формирования русла,— 1,5—4,5 м.

В связи с понижением уровня Каспийского моря основной рукав причлененной дельты Аликазгана—Главный банк врезался в отложения дна залива. К 1962 г. этот врез составлял 1—2 м. Одновременно быстро увеличивала высоту дельтовая пойма: в 1953 г. она возвышалась над бывшим дном залива в среднем на 0,5 м, в 1962 г.— на 2,5 м.

Русло Каргалинского прорыва в период с 1963 по 1976 г. (в третий период формирования) развивалось в условиях значительного возрастания влияния хозяйственной деятельности на гидрологический и русловый режим р. Терека (см. гл. 2). В целях предупреждения затопления дельты практически все русло Каргалинского прорыва к 1976 г. было обваловано, что резко снизило способность понижений дельтовой равнины аккумулировать наносы и стимулировало интенсивные процессы формирования причлененной дельты Аликазгана.

Существенное уменьшение руслоформирующего расхода воды привело к повышению отметок дна в пределах наложенной дельты в среднем на 0,2—0,5 м (см. рис. 17).

Одновременно повышались отметки поймы на межваловых пространствах. Здесь к 1976 г. накопилось лишь 12,3 млн т наносов, но небольшая ширина зоны аккумуляции способствовала существенному росту поймы в высоту— на 0,3—0,6 м. Быстрые темпы увеличения отметок дна русла и прирусловой поймы привели к сохранению площади живого сечения русла и его пропускной способности на основном протяжении Каргалинского прорыва.

Аккумуляция наносов в русле привела к увеличению уклона дна в наложенной дельте Каргалинского прорыва до $28,2 \cdot 10^{-5}$.

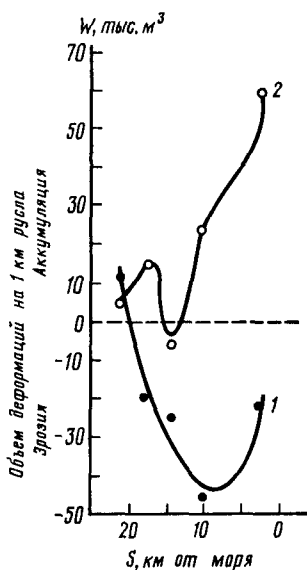
Рис. 26. Изменение объема русловых деформаций в нижней зоне устьевом участке Терека в 1973 г. при открытой (1) и закрытой (2) прорези через Аграханский полуостров

Для предотвращения дальнейшего накопления наносов на верхних 38 км русла в 1967—1976 гг. было спрямлено девять наиболее крутых излучин, в результате чего длина реки сократилась на 4 км. Однако прорези были проложены в плотных суглинках и глинах, поэтому здесь возникли местные базисы эрозии, которые препятствовали размыву и быстрому понижению дна и свободной поверхности потока. К 1976 г. эффект от спрямляющих прорезей на верхнем участке русла не проявился.

В третий период формирования русла Каргалинского прорыва интенсивно выдвигалась дельта Аликазгана (см. гл. 5). Темпы аккумуляции в Аграханском заливе оказались настолько высокими, что, несмотря на некоторое понижение уровня Каспийского моря, в рукавах дельты Аликазгана не отмечалось признаков врезания. Так, Северный банк формировал русло из собственных отложений. Высота конуса выноса этого рукава составляла 2—3 м. Уклон дна русла не превышал здесь $(8-10) \cdot 10^{-5}$. Активное устьевое удлинение привело к уменьшению уклона свободной поверхности до $9 \cdot 10^{-5}$ в районе г/п Аликазган. Здесь наблюдалось наиболее интенсивное осадконакопление в русле (до 8 см/год). Темпы осадконакопления на пойме были менее высокие, что привело к значительному уменьшению площади живого сечения русла и вместе с уменьшением уклонов к сокращению его пропускной способности.

Особый характер вертикальных русловых деформаций наблюдался в нижней части устьевом участке р. Терека в 1973 г., когда в результате прорыва перемычки сток реки устремился к морю по прорези через Аграханский полуостров. Сокращение длины русла на 25 км и увеличение уклонов до $37 \cdot 10^{-5}$ привели к интенсивному размыву речных отложений и выносу их в зону формирования «новой» дельты реки. Максимально русло переформировалось в пределах Главного банка; к устью прорези и выше по течению интенсивность деформаций была заметно меньше (рис. 26). В первые три месяца регрессивная эрозия охватила нижние 15 км, а затем распространилась на участок реки длиной 20—25 км. Вследствие глубинной эрозии в поток за десять месяцев 1973 г. поступило 1,8 млн т грунта.

В результате переформирования нижней части русла Каргалинского прорыва изменялся и баланс наносов (табл. 32). Если на верхних 80 км реки в целом сохранились условия для накопления



материала в русле (на участке Каргалинский гидроузел—Аликазган мутность вдоль потока уменьшилась на $1,14 \text{ кг/м}^3$), то ниже Аликазгана расход наносов увеличился. К головным сооружениям прорези насыщенность потока взвешенными частицами возрастала в 1,22 раза.

Таблица 32

Изменение характеристик потока вдоль устьевго участка р. Терек
22—23 июня 1973 г.

Характеристика	Пункт наблюдения			
	Каргалин- ская	Каргалинский гидроузел	Аликаз- ган	Дамба
Расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$	471	330	290	262
Мутность, кг/м^3	3,44	4,24	3,10	3,81
Уклон, 10^{-5}	37	28	27	37

После перекрытия прорези в конце сентября 1973 г., в низовьях реки восстановилась аккумуляция наносов. Некоторое время и на отдельных участках накопление осадочного материала в русле, однако, сдерживалось остаточными явлениями эрозии, сохранившимися после спрямления потока (см. рис. 26). Особенно ярко эти явления были выражены в 15—20 км от моря. Однако уже к 1974 г. они в значительной мере оказались затушеванными. Вдоль устьевго участка реки полностью восстановились процессы накопления наносов (табл. 33). В устье Главного банка русло реки было переуглублено в результате размыва в 1973 г., и здесь преобладал транзит наносов; в это же время выше и ниже по течению баланс наносов складывался отрицательным и наносы отлагались.

Таблица 33

Изменение характеристик потока вдоль устьевго участка р. Терек
14—15 июля 1975 г. (по данным Севкавгипроводхоза)

Характеристика	Расстояние от Каргалинского гидроузла, км				
	0,3	48	84	95	102
Расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$	523	447	298	234	63,2
Мутность, кг/м^3	6,69	5,88	4,69	3,80	3,80

Преобладание аккумулятивных процессов над эрозионными в нижней части устьевго участка постепенно восстанавливало те отметки дна, которые существовали здесь до спрямления реки. За период с 1973 по 1975 г. в состав донных отложений перешло 1,4 млн т наносов. Тем не менее и в конце третьего периода развития русла Каргалинского прорыва продольный профиль дна ниже от гидроузла располагался ниже, чем в 1965 г. (см. рис. 17).

В целом для третьего периода характерным явилось не врезание потока в собственные отложения, которое наблюдалось в 1973 г., а процессы общей аккумуляции наносов на устьевом участке реки. У Кутан-Аула повышение отметок водной поверхности за период 1962—1978 гг. составило 0,5 м при одних и тех же расходах воды, хотя в отдельные годы наблюдалось и временное изменение направленности русловых переформирований (см. рис. 25). Аналогичным образом изменились уровни воды и у г/п Аликазган, где за третий период развития русла Каргалинского прорыва отметки водной поверхности повысились на 0,4—0,5 м.

Особенно ярко влияние спрямления русла на устьевом участке на характер местных переформирований проявилось ниже г/п Аликазган в пределах Главного банка (95—100 км). Если только за один год (1970/71 гг.) отметки дна здесь повысились на 0,8 м, то в ходе глубинной эрозии в 1973 г. профиль дна снизился на 2,0—2,5 м. Для сравнения укажем, что у г/п Аликазган местное понижение продольного профиля составило 0,36 м. Затухание регрессивной эрозии иллюстрирует рис. 25.

Одновременно с изменением морфометрических характеристик русла изменялась гидравлика потока. В ходе преимущественного накопления наносов в русле уменьшалась глубина потока h , увеличивались его ширина B и скорость течения v . Например, в створе г/п Аликазган повышение отметок дна за 1962—1976 гг. на 0,3 м сопровождалось увеличением B и v на 6 и 24%. Одновременно уменьшалась и глубина потока (на 0,45 м при расходе воды $300 \text{ м}^3/\text{с}$).

Условия на верхней границе устьевого участка р. Терека в четвертый период развития Каргалинского прорыва были в целом близки к условиям, характерным для предыдущего периода.

Главной особенностью четвертого периода стало повторное сокращение длины русла прорезью через Аграханский полуостров. На характер русловых переформирований в зоне воздействия на поток искусственного спрямления реки повлияло не только уменьшение длины устьевого участка, но и возобновление развития «новой» дельты р. Терека, длина которой к 1984 г. увеличилась до 1,5 км (см. гл. 6).

В целом неизменные условия руслоформирования в верхней части Каргалинского прорыва предопределили и сохранение устойчивой тенденции повышения отметок дна (см. рис. 17, 25). Продольный профиль дна в 1979 г. был расположен на 0,2—0,8 м выше, чем в 1976 г., что свидетельствует о накоплении в русле около 5 млн т наносов. Основная масса этих наносов отлагалась в средней зоне устьевого участка реки. Однако во время мощного паводка в августе 1978 г., когда расходы воды в русле Каргалинского прорыва достигали $900 \text{ м}^3/\text{с}$, были размыты местные базы эрозии в спрямляющих прорезях. Дно русла понизилось здесь на 0,7—2,4 м. Отметки свободной поверхности воды в вершине Каргалинского прорыва снизились на 0,7 м при тех же расходах

воды. В 1979—1987 гг. общая аккумуляция наносов в русле продолжалась, но темпы ее уменьшились: на участке русла 0—40 км накопилось около 1,6 млн т наносов.

Наиболее значительной оказалась перестройка продольного профиля дна ниже 60 км от Каргалинского гидроузла, где процесс руслоформирования находился под сильнейшим воздействием спрямления русла прорезью через Аграханский полуостров. Сокращение длины реки на 25 км вызвало формирование кривой спада с уклонами в нижней части русла до $80 \cdot 10^{-5}$ (рис. 27).

Уже через один месяц зона увеличения уклонов свободной поверхности воды и глубинной эрозии русла распространилась на 20 км вверх по реке. К концу 1978 г. (через 13 месяцев после открытия прорези)—на 45 км. В 1980—1983 гг. зона увеличения уклона располагалась в 55—60 км от моря. Область максимального размыва, соответствующая области максимального увеличения уклона поверхности воды, через год после открытия прорези располагалась в 10 км от устья реки (размыв здесь составил 2,1 м), через 2 года—в 15 км (размыв 2,3 м), через 6 лет—в 20 км (размыв 1 м), через 10 лет—в 26 км (размыв 0,4 м). В целом в русле р. Терека на участке длиной 40 км было размыто с 1977 по 1987 г. 3,15 млн м^3 отложений, из которых 1,97 млн м^3 было вынесено в море, а остальные переотложились в русле.

Уже во второй половине 1978 г. в нижней части зоны регрессивной эрозии началась аккумуляция наносов. К концу 1978 г. отметки дна в прорези поднялись на 0,2—0,3 м, а общий объем аккумуляции составил 56 тыс. м^3 . Эта аккумуляция лишь в малой степени определялась повышением уровня Каспийского моря, которое к этому времени составило всего 6 см. Основная причина аккумуляции заключается в уменьшении уклонов поверхности воды в прорези с $8,0 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \cdot 10^{-4}$ в процессе смещения зоны с повышенными уклонами вверх по реке. Кроме того, произошла компенсация сильного переуглубления дна прорези, когда увеличение уклонов совпало с прохождением максимальных летних паводков. Таким образом, аккумуляция наносов в прорези в конце 1978 г.—закономерное явление для нижней части зоны регрессивной эрозии.

Однако уже в 1979 г. аккумуляция наносов в прорези (335 тыс. м^3) превосходила по интенсивности размыв русла на вышележащем участке (256 тыс. м^3). Аккумулировались не только продукты размыва, но и приносимые рекой наносы. Это было связано как с уменьшением уклонов в устьевой зоне реки вследствие продвижения вверх по руслу максимума интенсивности размыва, так и с подпором вод р. Терека в результате повышения уровня Каспийского моря за 1978—1979 гг. на 25 см.

С 1979 по 1987 г. уровень Каспийского моря повысился на 79 см. Это стало основной причиной уменьшения уклона водной поверхности в голове прорези с $4,9 \cdot 10^{-4}$ в 1979 г. до $1,8 \cdot 10^{-4}$ в 1987 г., снижения скоростей течения и аккумуляции наносов.

Существенное влияние на трансформацию продольного профиля в низовьях Терека оказало введение в 1979 г. в эксплуатацию

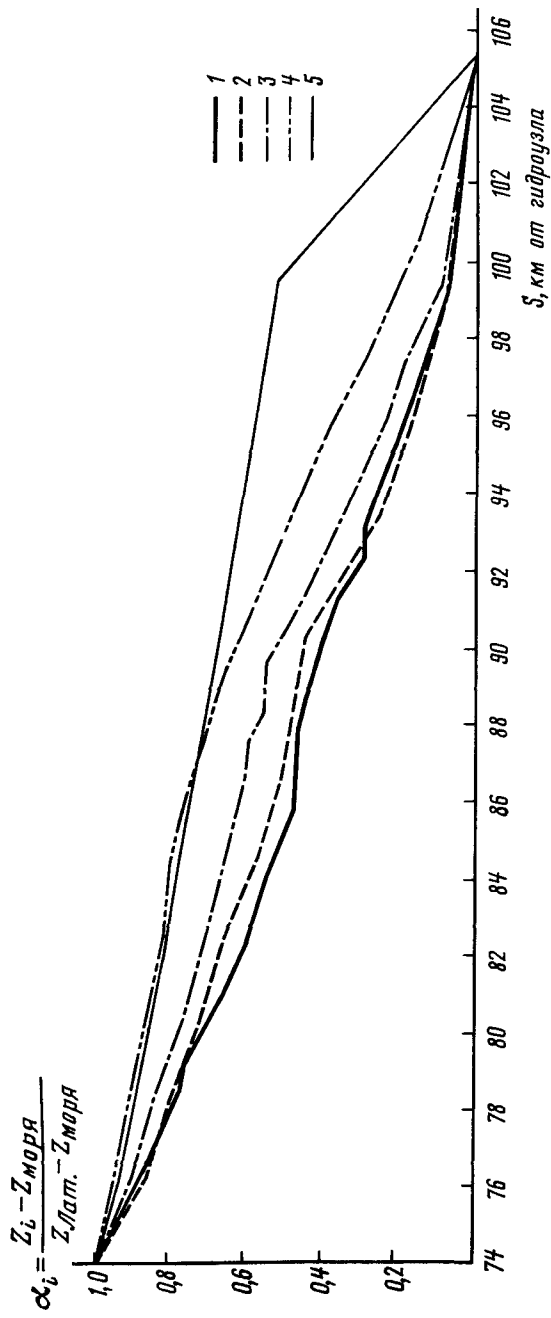


Рис. 27. Продольные профили водной поверхности на нижних 31 км русла р. Терек, представленные в безразмерной форме. z_i — отметка водной поверхности в данном месте профиля, $z_{\text{лат}}$ — в районе о-ва Латыша, $z_{\text{моря}}$ — в море. Положение профиля водной поверхности: 1 — август 1977 г., 2 — сентябрь 1977 г., 3 — октябрь 1978 г., 4 — октябрь 1979 г., 5 — сентябрь 1980 г.

канала Кубякинский банк, который отделялся от реки в 86 км ниже Каргалинского гидроузла. Этот канал был создан для сохранения старых путей миграции осетровых рыб и соединял р. Терек с остатками северной части Аграханского залива. Уклоны в верхней части канала превосходили уклоны в русле р. Терека, и в канал в 1980—1986 гг. поступало в среднем около 40% стока воды и наносов реки. Ниже отделения канала размеры русла р. Терека не соответствовали существенно сократившемуся стоку воды, это также привело к уменьшению скоростей течения в русле реки ниже истоков канала и аккумуляции наносов.

К 1987 г. в русле Терека общий объем аккумуляции наносов составил 3,91 млн м³. Был полностью компенсирован интенсивный размыв, происходивший в 1977—1978 г.; в прорези отметки дна стали выше, чем до ее вторичного открытия; на большем протяжении русла нижнего Терека они практически сравнялись с теми, которые были до открытия прорези.

Размещение участков эрозии и размыва в 1982 г. (при расходе воды 550 м³/с) характеризуют данные табл. 34, которые дополняют ранее полученные материалы о пространственной изменчивости характера русловых переформирований на устьевом участке реки [Алексеевский, 1980].

Таблица 34

Изменение характеристик потока вдоль русла устьевого участка р. Терек
22—23 июля 1982 г.

Характеристика	Расстояние от Каргалинского гидроузла, км									
	0,5	10,0	25,0	34,0	41,0	52,0	61,0	75,0	84,0	102,0
Мутность воды, кг/м ³	2,23	2,06	2,23	2,00	2,09	2,90	2,73	2,73	2,89	2,53
Расход наносов, кг/с	1230	1130	1230	1100	1600	1450	1450	1450	1530	1110

В пределах верхней зоны устьевого участка реки расход взвешенных наносов мало изменяется по величине (в пределах 6—10%), что говорит об относительной стабилизации руслового процесса. В средней части русла Каргалинского прорыва (41—84 км от гидроузла) отмечено увеличение мутности воды, особенно интенсивное на участке 41-го и 52-го километров. К 52 км от Каргалинского гидроузла расход взвешенных наносов возрастает на 30% и ниже по течению изменяется в небольших пределах.

Участок реки с 84-го по 100-й километр от гидроузла характеризуется уменьшением расхода взвешенных наносов. Процесс отложения наносов в этой зоне связан как с отвлечением части стока в Кубякинский канал, так и с выдвиганием «новой» дельты Терека и повышением уровня моря.

Подводя итог изучению вертикальных деформаций продольного профиля в различные периоды формирования русла Каргалинского прорыва, можно констатировать следующее.

1. В начальные периоды формирования наложенной дельты русловые процессы шли в направлении образования русла, обеспечивающего пропуск расходов воды по крайней мере 50%-ной обеспеченности. Поток постепенно врезался в коренные и собственные отложения, и продольный профиль дна значительно снижался.

2. Заключительные периоды формирования русел дельтовых водотоков характеризовались отложением наносов первоначально в зоне формирования причлененной дельты Аликазгана, а затем по всей длине устьевого участка. Продольный профиль дна приобретал сглаженный характер и постепенно повышался. Интенсивность повышения отметок дна во многом зависела от степени искусственного регулирования стока реки.

3. Изменение русловых процессов зависело от масштаба выправительных и водохозяйственных мероприятий в дельте и бассейне реки, обуславливающих локальное или общее нарушение естественных гидравлических условий взаимодействия в системе поток—русло.

Таблица 41
Морфометрические характеристики дельты выдвижения р. Сулака

Цикл развития дельты, годы	Продолжительность цикла, число лет	Длина дельты по руслу, км	Площадь дельты, км ²	Объем конуса выноса, км ³
I, 1800—1920	120	7,3	25	0,42
		7,3; 0,061	25; 0,208	0,42
II, 1921—1928	8	8,9	32,8	0,55
		3,6; 0,45	7,8; 0,975	0,13
III, 1929—1957	29	13	67	1,29
		9,0; 0,310	34,2, 1,179	0,74
IV, 1958—1987	30	7,8	72	1,34
		1,8; 0,060	4,9; 0,163	0,05

Примечание В числителе—данные на конец цикла, в знаменателе—приращение общее и за год.

Таблица 42
Баланс наносов в дельте выдвижения р. Сулака

Цикл развития дельты, годы	Средний расход взвешенных наносов, кг/с*	Исправленный годовой сток наносов, млн т**	Сток наносов***, км ³ (при плотности отложений 1200 кг/м ³)	Отношение объема конуса выноса к стоку наносов, %***
I, 1800—1920	(420)	26,4	2,770	15,2
	840	27,7	2,770	15,2
II, 1921—1928	(420)	26,4	0,185	70,3
	840	27,7	2,955	18,6
III, 1929—1957	414	26,1	0,662	111,8
	828	27,4	3,617	35,7
IV, 1958—1987	284	17,9	0,439	11,4
	568	18,8	4,056	33,0

* В числителе—по наблюдениям, в знаменателе—исправленный.

** В числителе—сток взвешенных наносов, в знаменателе—с учетом влекомых (5%).

*** В числителе—за цикл, в знаменателе—на конец цикла.