

©

УДК 556.54/537

НИКУЛИН А. С., ПОВОЛОЦКИЙ М. Я., СИДОРЧУК А. Ю.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РУСЛА
В НИЗОВЬЯХ р. ТЕРЕК**

В результате устьевого удлинения Терека, уменьшения уклонов водной поверхности и аккумуляции наносов пропускная способность русла реки уменьшилась до $170 \text{ м}^3/\text{с}$ при максимальном расходе 1%-ной обеспеченности $2000 \text{ м}^3/\text{с}$, чем обуславливается затопление территории дельты Терека во время паводков. Введение в эксплуатацию прорези через Аграханский полуостров, вызвавшее сокращение длины реки, увеличение уклонов и размыв русла, повысило пропускную способность до $600\text{--}900 \text{ м}^3/\text{с}$. Подъем уровня Каспийского моря, уменьшение уклонов и аккумуляция наносов в русле привели к уменьшению пропускной способности русла до $300 \text{ м}^3/\text{с}$ и увеличению угрозы наводнений в низовьях реки.

Низовья р. Терек подвержены периодически повторяющимся наводнениям, во время которых размываются берега русла, затопляются и обесцениваются сельскохозяйственные угодья, разрушаются мосты, дороги, населенные пункты. Большие наводнения произошли в 1904, 1909, 1914, 1939, 1958, 1963, 1967, 1970, 1977 гг. За 1954—1977 гг. убытки от затоплений сельскохозяйственных земель, по данным МСХ ДАССР, ориентировочно составили 49,1 млн. руб.

Наводнения в дельте Терека обусловлены характером процессов дельтообразования — формированием наложенных и причлененных локальных дельт магистральных рукавов, в пределах которых водотоки образуют возвышающиеся над местностью гривы наносов, а пропускная способность русел меньше расходов воды во время паводков из-за постоянного увеличения отметок дна при аккумуляции наносов. Так, во время паводка 1967 г. пропускная способность русла Терека ниже Каргалинского гидроузла составила $1350 \text{ м}^3/\text{с}$, у с. Кутан-Аул (34,5 км от гидроузла) — 1240 , у с. Аликазган (84,3 км) — $400 \text{ м}^3/\text{с}$. На нижнем участке реки за период паводков в пределы дельтовой равнины поступило более $3,5 \text{ км}^3$ воды. Были затоплены населенные пункты — Новый Бирюзьяк, Новая Коса, Бирючек, многие временные полевые станы, сельскохозяйственные угодья, прорваны плотины рыбоводных Нижнетерских озер.

Традиционная мера борьбы с наводнениями в низовьях Терека — сооружение противопаводковых дамб. Обвалование нового магистрального рукава дельты Терека — русла Каргалинского прорыва началось вскоре после 1914 г. В настоящее время обвалование существует по правому берегу до 83 км от Каргалинского гидроузла, по левому берегу — до 100 км (Аграханского полуострова). На участке 0—40 км валы обеспечивают пропуск расхода воды до $2000 \text{ м}^3/\text{с}$, на участке 40—83 км — $1000\text{--}1800 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом следует иметь в виду, что в целом валы находятся в неудовлетворительном состоянии, на отдельных участках полуразрушены, их высота уменьшилась из-за интенсивного движения автотранспорта, обвалование проведено без единого проекта, хотя за последние 10 лет проект разрабатывался в Севкавказпровхозе дважды: в рамках ТЭО Курпского водохранилища (1979 г.) и обосновывающих материалов к противопаводковой защите земель в низовьях р. Терек (1983 г.). В случае размыва валов затопление окружающей местности на участке 0—15 км начнется при расходах воды $1300\text{--}1600 \text{ м}^3/\text{с}$, на участке 15—80 км — $800\text{--}1000$, ниже 80 км — $500\text{--}800 \text{ м}^3/\text{с}$.

С середины 60-х годов в низовьях Терека дополнительно применяется другой метод защиты от наводнений — спрямление крутых изгибов русла. В дельте Терека изгибы русла унаследовали первичные крутые повороты речного потока среди плавней, лишь слегка сглаженные последующим размывом берегов. Узкие прямолинейные прорезы относительно устойчивы и разрабатываются саморазмывом до размеров основного русла. На участке 0—40 км сооружено 9 таких спрямлений общей длиной 4 км, из них в 8 проходит весь сток воды или большая его часть, и лишь одно занесено наносами. Этот метод позволил снизить уровень паводковых вод от 0,1 м у Кутан-Аула до 0,7 м у Каргалинского гидроузла.

В нижней части русла Каргалинского прорыва наиболее крупным спрямлением является канал-прорезь через Аграханский полуостров. С помощью этого канала устье Терека перенесено с мелководий Северного Каспия в приглубую зону Среднего Каспия. Идея создания такой прорези принадлежит Б. А. Шумакову, который в 1929 г. прошел маршрутом зону разливов Каргалинского прорыва, дал глубокий научный анализ процессов формирования русла и дельты Терека в новых условиях, прогноз заиления Аграханского залива и возможность нового катастрофического прорыва Терека в пониженную часть дельтовой равнины. После этого проект прорези включали во все схемы развития водного хозяйства низовьев Терека. В 1965 г. была разработана строительная документация, в 1969 г. работы по сооружению прорези были завершены. Однако ввод прорези через Аграханский полуостров в эксплуатацию сдерживался отсутствием научного прогноза влияния выпуска вод Терека на относительно приглубое взморье на адаптацию молоди ценных осетровых рыб. Прорезь была законсервирована, отделена перемычками как со стороны реки, так и со стороны моря.

Зимой 1973 г. в ходе заторных явлений перемычки были сорваны льдом и воды Терека устремились напрямую в Средний Каспий. Этот прорыв показал как положительные стороны работы прорези — быстрое врезание реки и снижение отметок водной поверхности, так и отрицательные — осушение северной части Аграханского залива, гибель рыбы под осевшим льдом, лишение привычных мест обитания птицы и зверя. В октябре 1973 г. перемычка в голове прорези была восстановлена.

Однако естественные процессы формирования причлененной дельты в Аграханском заливе и без вмешательства человека привели к полному его заилению. Если в конце 30-х годов лишь 4% взвешенных наносов Терека достигало Аграханского залива, то с середины 40-х годов практически все наносы Терека (за исключением оседающих на пойме и в русле) начали поступать в залив.

В 1948 г. длина надводной части причлененной дельты составила 3—4 км, в 1954 г. — 8, в 1962 г. — 15, в 1970 г. — 21 и в 1976 г. — 30 км. Уже в 1970 г. свободная водная поверхность в северной части Аграханского залива прослеживалась только по рукавам дельты Терека — Северному и Среднему банкам. Остальная часть акватории залива заросла тростником и кустарником. К северу от мыса Росламбекова коса русла Терека терялась в заросших тростником плавнях с глубинами воды 5—30 см; сосредоточенный поток фиксировался только в рыбоходе, прорытом через Чаканные ворота до моря. В заливе оседали практически все фракции наносов, поступающих из реки, и роль морского волнения в трансформации дельты была незначительна. Прекращение устьевого удлинения Терека и стабилизация русла Каргалинского прорыва в условиях его владения в Аграханский, а в недалеком будущем — в Кизлярский залив, были невозможны.

Устьевое удлинение сопровождалось уменьшением уклонов водной поверхности Терека в низовьях, аккумуляцией наносов в русле и увеличением отметок дна. У с. Аликазган с 1939 по 1960 г. отметки дна повысились на 5,9 м, а с 1960 по 1976 г. — на 1,1 м. Уклоны свободной поверхности воды уменьшились с $1,65 \cdot 10^{-4}$ в 1965 до $0,77 \cdot 10^{-4}$ в 1976 г.

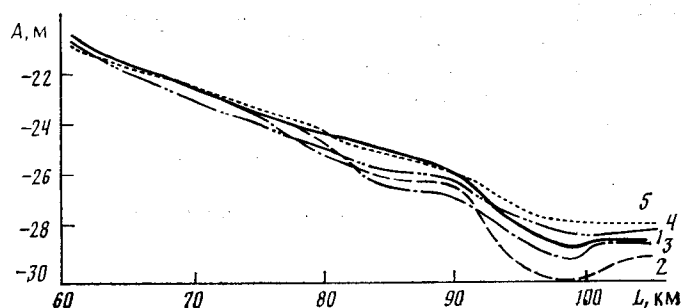


Рис. 1. Продольный профиль дна русла р. Терек от Томаза-Тюбе до устья по данным повторных промеров по закрепленным поперечникам в 1976 (1), 1978 (2), 1979 (3), 1983 (4) и 1987 г. (5)

A — средние по ширине русла отметки дна при уровне руслонаполнения, м; БС: L — расстояние от Каргалинского гидроузла, км

Уровни воды при одинаковых расходах за последний период поднялись на 1,4 м. Пропускная способность русла уменьшилась до $170 \text{ м}^3/\text{с}$. В 1977 г. при наибольшем расходе воды в низовьях Терека $301 \text{ м}^3/\text{с}$ уровни воды в южной части Аграханского залива увеличились до отметки $-24,33 \text{ м}$. В результате между руслом Терека и Дзержинским каналом, а также по всему периметру Аграханского залива было затоплено 48 тыс. га сельскохозяйственных земель и возникла угроза затопления пос. Новая Коса. Эти обстоятельства привели к вынужденному открытию прорези через Аграханский полуостров в августе 1977 г. без компенсирующих природоохранных мероприятий.

В результате введения прорези в эксплуатацию длина Терека сократилась на 25 км (северный участок русла с остатками залива общей протяженностью 30 км был заменен каналом длиной 5 км). Уровень воды в голове прорези понизился на 3 м. На нижнем участке русла сформировалась кривая спада свободной поверхности воды с уклонами в прорези $8 \cdot 10^{-4}$. Началась интенсивная эрозия дна и берегов прорези и русла реки. Уже через месяц зона увеличения уклонов свободной поверхности воды и глубинной эрозии русла распространились на 20 км вверх по реке, к концу 1978 г. (через 13 мес после открытия прорези) на 45 км (рис. 1). 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 (2,3 м), через 6 лет — в 20 (1 м), через 10 лет — в 26 км (0,4 м). По данным неоднократных повторных промеров изыскательских партий Севкавгипроводхоза и МГУ, проведенных на базе единой планово-высотной основы, в целом в русле Терека было размывто с 1977 по 1987 г. 2,57 млн. м^3 наносов, из которых 1,97 млн. м^3 было вынесено в море, а остальные перееотложились в русле.

Изменение пропускной способности русла р. Терек, $\text{м}^3/\text{с}$, на участке Томаза-Тюбе — устье под влиянием открытия прорези через Аграханский полуостров и повышения уровня Каспийского моря

Расстояние от Каргалинского гидроузла, км	1976	1977	1978	1979	1983	1987
62,42	650	—	—	648	765	750
74,26	450	460	520	614	818	720
84,34	310	310	700	702	989	515
86,59	—	369	—	664	—	320
90,38	250	481	510	731	626	430
95,92	200	496	790	639	266	400
99,48	170	445	525	871	329	510

Глубинная эрозия дна русла и повышение уклонов водной поверхности привели к существенному увеличению пропускной способности русла (таблица). Впервые за всю историю существования русла Каргалинского прорыва у Аликазгана пропускная способность в бровках русла составила 750—990 м³/с. В 1978, 1982, 1984, 1987 гг. по Тереку прошли паводки с максимальными расходами воды в низовьях 600—800 м³/с. Эти паводки не вызвали размыва валов и наводнений, так как большая часть расхода воды проходила в бровках русла реки.

Увеличение пропускной способности русла в пределах бровок привело к интенсификации размывов берегов русла. Во время паводка 1978 г. размыв берегов произошел практически на всем протяжении участка активной глубинной эрозии; его величина местами превышала 20 м (в среднем составила 6 м). Наиболее активно размывались берега в пределах прорези через Аграханский полуостров. Во время прорыва 1973 г., когда расходы воды не превышали 400 м³/с, пионерный канал шириной 100 м саморазмывом расширился на 3—40 м, причем интенсивность размыва берегов повышалась от головы к устью канала. В устьевом створе ширина прорези увеличилась на 230 м, в нижней части она приобрела воронкообразную форму. Размыв берегов в прорези был еще более интенсивным после второго пуска через ее вод Терек, особенно в 1978 г., а к концу 1980 г. он составил ~40 м, причем средняя ширина прорези достигла 170 м. Наиболее существенные плановые деформации произошли в 1977—1978 гг. непосредственно у остатков перемычки, отделявшей прорезь от реки. При открытии прорези в августе 1977 г. перемычка была взорвана у левого берега канала. Размыв сосредоточился в месте прорыва, а так как перемычка была сложена тяжелыми грунтами и бетонными блоками, поток обогнул ее слева, разработав излучину в эоловых отложениях Аграханского полуострова, где размыв берега составил 100—150 м. Ниже верхней излучины, шпорой которой являлись остатки перемычки, уже к маю 1978 г. образовалась вторая излучина, это сопровождалось размывом правого берега на 70—80 м. До 1980—1981 гг. система двух излучин смещалась вниз по прорези. Размыв берегов также привел к увеличению пропускной способности русла в бровках.

Важно отметить, что вынужденное открытие прорези через Аграханский полуостров состоялось в год, когда наблюдался самый низкий за последние 100 лет уровень Каспийского моря (—29,01 м) и самый маленький паводковый расход воды за период 1963—1985 гг.—301 м³/с. Произошло случайное совпадение благоприятных гидрологических условий с точки зрения снижения вероятности наводнений, и тем не менее в 1977 г. было затоплено 48 тыс. га земель. Если бы прорезь была законсервирована и дальше, то наводнение в низовьях реки достигло бы катастрофических размеров уже в следующем, 1978 г. В этом году максимальный расход у с. Аликазган составил 807 м³/с, кроме того, в течение лета было еще 4 пика паводков с расходами >500 м³/с. Уровень Каспийского моря с 1977 г. повысился на 6 см. Все это привело бы к увеличению уровня воды в южной части Аграханского залива до отметки —23 м и, вероятно, прорывам валов, что вызвало бы затопление обширных земель от Томаза-Тюбе до Аграханского полуострова общей площадью >60 тыс. га, с поселками Новая Коса, Разгул-Аул, многочисленными фермами и временными станами. Воды Терека стали бы сливаться в Мектебский сброс и по нему в Каспийское море. В условиях открытой прорези через Аграханский полуостров всех этих катастрофических явлений не произошло; воды Терека прошли в основном в пределах русла и поймы с затоплением межвалового пространства на 1—1,2 м, без разрушения валов.

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. м³. Эта аккумуляция лишь в малой степени определялась повышением уровня Каспийского моря, которое к этому времени составило

6 см. Основная же причина — уменьшение уклонов поверхности воды в прорези с $8,0 \cdot 10^{-4}$ до $0,8 \div 5,0 \cdot 10^{-4}$ в ходе смещения зоны их увеличения вверх по реке. Кроме того, произошла компенсация сильного переглубления 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. м³) превосходила по интенсивности размыв русла на вышележащем участке (256 тыс. м³). Аккумулировались не только продукты размыва, но и приносимые рекой наносы. Это было связано как с уменьшением уклонов в устьевой зоне реки за счет продвижения вверх по руслу максимума интенсивности размыва, так и с подпором вод Терека за счет повышения уровня Каспийского моря за 1979 г. на 37 см.

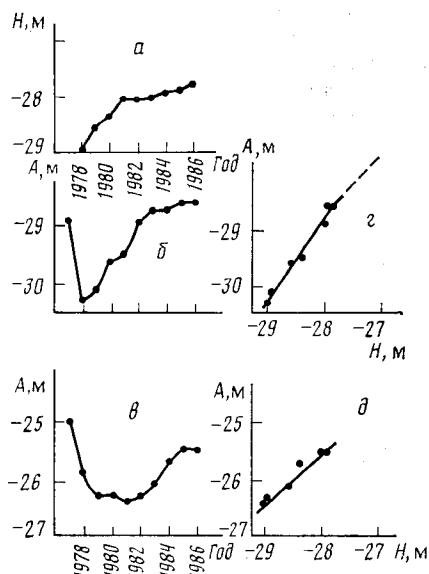


Рис. 2. Изменение в 1977—1986 гг. среднегодового уровня Каспийского моря по в/п Махачкала (а), среднегодовой осредненной по ширине русла отметки дна на в/п Дамба (б) и в/п Аликазган (в), зависимости отметок дна на в/п Дамба со сдвигом на 1 год (г) и на в/п Аликазган со сдвигом на 4 года (д) от уровня Каспийского моря

С 1979 по 1987 г. уровень Каспийского моря поднялся на 92 см (по среднегодовым уровням в/п Махачкала). Это было основной причиной уменьшения уклона свободной поверхности воды 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 1980 г. в эксплуатацию канала Кубякинский банк, который ответвляется от Терека в 86 км от Каргалинского гидроузла. Этот канал был создан для сохранения старых путей миграции осетровых рыб и соединял Терек с остатками северной части Аграханского залива. Уклоны в верхней части канала превышали уклоны в русле Терека, и в канал в 1981—1986 гг. поступало в среднем ~40% стока воды и наносов реки. Ниже ответвления канала размеры русла Терека не соответствовали существенно сократившемуся стоку воды; это также привело к уменьшению скоростей течения в русле Терека ниже истоков канала и аккумуляции наносов.

К 1987 г. в русле Терека общий объем аккумуляции наносов составил 3,91 млн. м³. Полностью компенсирован интенсивный размыв 1977—1978 гг., в прорези отметки дна стали больше, чем до ее вторичного открытия, на большем протяжении русла нижнего Терека они практически сравнялись с отметками до открытия прорези (рис. 1, 2).

В пределах прорези через Аграханский полуостров аккумуляция наносов в условиях уменьшенного стока воды привела не только к повышению отметок дна, но и к сокращению ширины русла, особенно на его поворотах. Здесь в выбоинах вогнутого берега сформировались

обширные побочни, которые к настоящему времени стабилизированы тонкими наносами на их поверхности и зарослями тростника.

Интенсивная аккумуляция наносов происходила в 1980—1987 гг. в русле Кубякинского банка. Здесь отметки дна увеличивались в среднем на 2—3 м и его пропускная способность уменьшилась местами до 80 м³/с. Одновременно продолжалось заилиение остаточных емкостей в северной части Аграханского залива, куда поступило в 1980—1987 гг. 17,4 млн. м³ наносов. Однако в ряде участков по трассе Кубякинского банка современные уровни воды на 2—3 м выше окружающей местности. Еще возможен сброс части стока воды и наносов Терека в северную часть Аграханского залива при условии расчистки Кубякинского банка или создания другого канала.

К концу 1987 г. в низовьях Терека отметки дна русла увеличились до их значений в 1976 г., когда в низовьях реки сложилась критическая ситуация. Истоки Кубякинского банка в конце 1987 г. были забиты наносами, и весь сток Терека проходил по основному руслу. Ширина русла на 5—30 м больше, чем до открытия прорези, уклоны свободной поверхности — в 1,6—2,3 раза больше. Пропускная способность русла в 1987 г. больше, чем в 1976, на участке Томаза-Тюбе — устье она составляет 320—820 м³/с (таблица). Самая низкая пропускная способность на участке русла ниже головы Кубякинского банка, где происходила наиболее активная аккумуляция наносов. С учетом обвалования на участке русла Терека от Томаза-Тюбе до Аликазгана пропускная способность колеблется в основном в пределах 1050—1500 м³/с, что намного меньше расчетных расходов 1%-ной обеспеченности (2000 м³/с). Местами, на участках с наиболее разрушенными валами, пропускная способность уменьшается до 800 м³/с. Ниже с. Аликазган повсеместно валы неустойчивые. Уже при расходах воды >700—800 м³/с произойдет затопление сельскохозяйственных угодий как по левому, так и по правому берегу реки. Вся вода, вышедшая на пойму правого берега, попадет в южную часть Аграханского залива. При значительной величине паводка и его продолжительности залив может переполниться и затопить села Разгул-Аул и Новая Коса, а также фермы и полевые станы.

Таким образом, открытие в 1977 г. прорези через Аграханский полуостров даже в условиях повышения уровня Каспийского моря (более чем на 1,3 м за 10 лет) способствовало предотвращению наводнений в низовьях Терека во время паводков с максимальными расходами воды 500—800 м³/с в створе в/п Аликазган. Однако полное заилиение к 1987 г. призмы размыва русла за счет снижения скоростей потока (из-за уменьшения уклонов при повышении уровня моря и сокращения расхода воды ниже ответвления Кубякинского банка) привело к существенному уменьшению пропускной способности русла. В условиях полного заилиения Кубякинского банка и стабилизации уровней Каспийского моря на отметках 1987 г. уровни воды в реке приблизятся к уровням, существовавшим в низовьях реки до открытия прорези. Сложится критическая гидрологическая ситуация с большой вероятностью затопления населенных пунктов, ферм, сельскохозяйственных угодий.

В случае дальнейшего подъема уровней Каспийского моря дно русла и уровни воды в реке будут повышаться пропорционально морским (рис. 2), угроза наводнений будет существенно увеличиваться.

Поэтому в настоящее время, как никогда ранее, назрела необходимость строительства двухстороннего инженерного обвалования Терека на участке Каргалинская плотина — Аграханский полуостров, рассчитанного на пропуск расхода 1%-ной обеспеченности — 2000 м³/с.

Севкавгипроводхоз,
МГУ

Поступила в редакцию
26.V.1988