

Воробьев А.Е.¹, Орцухаева З.Ш.², Алферова Н.Н.³¹Российский университет дружбы народов, г. Москва²Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный³Оренбургский государственный университет
E-mail: fogel_al@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. ТЕРЕКА

Данная статья посвящена проблемам русловых деформаций в нижнем течении реки Терек. В ходе исследований авторы рассмотрели исторические моменты формирования деформаций берегов Терека, следствием чего явились наводнения в паводочный период времени. Также авторы уделили внимание изменению русла и дна реки Терек в результате увеличения стока наносов. Проанализированы процессы и причины проявления вертикальных и горизонтальных деформаций русла реки. Выявляются и описываются характерные особенности увеличения стока наносов на фоне снижения транспортирующей способности потока, вызванного забором воды в оросительные и обводнительные каналы, что соответствует возникновению направленной аккумуляции в руслах дельтовых водотоков, уменьшению площади поперечного сечения между противопаводочными дамбами, увеличению вероятности наводнений. Значительное внимание уделяется среднегодовому расходу взвешенных наносов на участке реки от вершины дельты до ст. Каргалинская. Особое внимание уделено деформации продольного профиля дна реки ниже Каргалинского гидроузла. В статье рассмотрены процессы регрессивной эрозии берегов, что привело к уменьшению площади поперечного сечения реки и обусловило увеличение площади затопляемых земель. В статье также изучена характеристика колебаний уровня Каспийского моря и причины возникновения дельты в нижнем течении Терека. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка оценить особенности русловых деформаций горных рек, и сделан вывод по данной проблеме.

Ключевые слова: река Терек, эрозия берегов, русловые деформации, водотоки.

Северокавказский регион России характеризуется высокой интенсивностью и повторяемостью опасных гидрологических процессов. Они характерны для Кубани, Кумы, Сулака, их притоков, в бассейнах которых социальные, экономические и экологические ущербы чаще всего связаны с наводнениями и опасными русловыми деформациями. Наиболее опасными оказались наводнения в дельтах Кубани (2000 г.) и Терека (2002 и 2005 гг.).

Предпосылкой к возникновению опасных гидрологических процессов в бассейне Терека является наличие хорошо выраженной высокогорной, среднегорной и равнинной части бассейна. Они отличаются по высоте и уклону поверхности, составляющим водного баланса, интенсивности склоновой, овражной и русловой эрозии (аккумуляции наносов), масштабам хозяйственного использования водных ресурсов.

Горная часть бассейна покрыта многолетними снегами и ледниками, изменение площади и объема которых является причиной увеличения или уменьшения ледниковой составляющей стока воды, частоты формирования лавин и селей. Одновременно изменяется ритмика

поступления в русловую сеть территории минеральных частиц, контролирующая мутность речных вод и сток наносов.

На большей части длины р. Терек и для ряда ее притоков характерна высокая мутность и большой сток наносов. Они являются основным фактором интенсивных русловых деформаций, создают угрозу социальным и производственным объектам на берегах рек, противопаводочным дамбам и т. п. С ними связаны наводнения в дельте Терека, поскольку накопление русловых отложений за счет аккумуляции наносов приводит к уменьшению площади поперечного русла и его переполнению в период максимальных расходов воды. Наиболее опасные последствия русловых процессов связаны с радикальной перестройкой русловой сети дельтовых водотоков [2], [3], [5].

Эти события приводят к формированию русловой сети дельты в новом направлении движения терских вод к Каспийскому морю, отмиранию предшествующей системы дельтовых водотоков, к которой были «привязаны» система расселения и хозяйствования в условиях полупустынного климата.

В общем случае различают 2 вида деформаций русла – вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные деформации обусловлены изменениями транспортирующей способности потока, трансформацией удельной энергии его живого сечения и потерями напора, вызванными затратами энергии на движение воды, транспорт наносов и эрозию грунтов ложа. Вертикальные русловые деформации могут иметь периодический характер (вызванные перемещением по боковой, осередков, перекатов, а также их размывом в зависимости от фазы водного режима), направленный характер (вызванный изменением базиса эрозии, изменением стока воды и наносов из-за антропогенного воздействия – строительства гидроузлов, сведения лесов и др.). Среди направленных необходимо выделить местные деформации, возникающие в результате изменения местного базиса эрозии (спрямление излучины вызывает достаточно сильную локальную эрозию до метра и более в год).

В условиях значительного стока наносов сильная аккумуляция в русле может вызвать необходимость наращивания водооградительных валов и проведение дноуглубительных работ, что требует дополнительных капиталовложений.

Скорость аккумуляции на Тереке в среднем составляет 0,3–0,8 м/год на перекатах. Такой же порядок значений имеет эрозия, характерная для плесов.

При анализе направленности вертикальных русловых деформаций не всегда можно выделить сезонную составляющую русловых процессов ввиду ограниченности данных, и, интенсивности переформирования в условиях большого стока наносов и колебаниях базиса эрозии.

В настоящее время, наблюдается достаточно сильная направленная аккумуляция в основной протоке Шавинского разветвления (Гудийский банк) в которой за последние два года на большинстве контрольных створов отложилось от 1 до 2 м наносов. Направленная эрозия на контрольных створах изучаемого участка в основном связана с местными локальными переформированиями: продольными и поперечными смещениями излучин, а также при их техногенном спрямлении. На контрольных створах выше Шавинского разветвления темпы

аккумуляции составляют 0,5–1 м/год. В течение межени 2005 г на участке ниже Шавинского разветвления в районе прорыва вала и выше него, преобладала эрозия. Ниже прорана 2005 г. – аккумуляция, связанная с потерями стока воды в основном русле – Аликазган.

Вертикальные русловые деформации являются важным фактором, определяющим водопрпускную способность потока и формирование уровней воды. Как показано выше, значительный объем наносов, характерный для нижнего течения р. Терек, находится в непрерывном процессе эрозии, аккумуляции и транзита. При направленной аккумуляции наносов в створе понижается водопрпускная способность, уровни воды возрастают при $Q = \text{const}$. Эрозионные процессы играют обратную роль.

Развитие боковой эрозии на р. Терек ограничено берегоукрепительными и струенаправляющими сооружениями (тетраэдрами, шпорами и др.), тем не менее, во время прохождения паводков могут размываться водооградительные валы, что приводит к катастрофическим последствиям (как это было в мае 2005 г. На ПК 707). Наибольшая интенсивность размыва берегов характерна при смещении излучин и она может составлять более 10 м/год. На относительно прямолинейных участках осредненная скорость боковой эрозии составляет 1–2 м/год.

Продольное уменьшение стока воды при прочих равных условиях приводит к направленным вертикальным деформациям русла.

Они проявляются в повышении отметок продольного профиля дна, увеличении объема русловых отложений, уменьшении площади поперечного сечения русла.

Непосредственной их причиной является уменьшение транспортирующей способности потока:

$$W_{\text{тр}} = QS_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где Q – расход, $S_{\text{тр}}$ – мутность воды, соответствующая транспортирующей способности потока.

Эта характеристика зависит в основном от скорости потока и его глубины.

Средний многолетний сток наносов в вершине дельты Терека составляет 15,4 млн. т., максимальный годовой сток (2002 г.) – 50 млн. т [6]. Средний годовой расход взвешенных на-

носов в вершине дельты до 1946 г. достигал 824 кг/с. После 1946 г. он постепенно уменьшался и к 1957 г. достиг минимального значения – 170 кг/с. В 1947–1957 гг. расход взвешенных наносов был равен 305 кг/с. В 1958–1968 гг. величина среднего расхода наносов составляла 635 кг/с, а в 1969–1987 г. – 434 кг/с. Изменение стока наносов в вершине дельты определялось изменением стока воды, интенсивностью эрозионных процессов, периодическим ослаблением или усилением селевой активности, положением снеговой линии в горной части бассейна.

Среднегодовой расход взвешенных наносов на участке реки от вершины дельты до ст. Каргалинская уменьшился до 12,3 млн.т/год, т. е. примерно на 20%. В 1977–1982 гг. уменьшение стока наносов колебалось от 20 до 40%, а в 1983–1988 гг. – достигало 60–80%. Причиной уменьшения стока взвешенных наносов является накопление минеральных частиц в русле и на пойме реки выше Каргалинского гидроузла, их поступление в Держинский, Сулу-Чубутлинский, Дельтовый и Новотеречный каналы.

Сток взвешенных наносов ниже Каргалинского гидроузла в 1965–1998 гг. В среднем был равен 9,3 млн.т/год. В 2002 г. он достиг рекордно большого значения – 63,7 млн.т. [7].

В 2002–2005 гг. средний сток взвешенных наносов в истоке Каргалинского прорыва был равен 27,4 млн. т/год [6]. До 1977 г. основные потери стока наносов по длине Каргалинского прорыва наблюдались на участке гидроузла – Аликазган (около 4 млн.т.), а после открытия прорези через Аграханский п-ов (1978 г.) – на участке Аликазган – Аграханский полуостров (до 3 млн. т/год) [5]. Средний годовой расход взвешенных наносов, поступающих в Средний Каспий, уменьшался с начала 90-х годов – с 210 кг/с (1990 г.) до 33 кг/с (1998 г.). В отдельные годы поступление наносов в море резко возрастало [7].

Увеличение стока наносов на фоне снижения транспортирующей способности потока, вызванного забором воды в оросительные и обводнительные каналы, приводит к возникновению неравенства $W > W_{тр}$. Оно соответствует возникновению направленной аккумуляции в руслах дельтовых водотоков [1], уменьшению площади поперечного сечения между противо-

паводочными дамбами, увеличению вероятности наводнений.

Деформации продольного профиля дна ниже Каргалинского гидроузла хорошо изучены [2], [3], [5]. Анализ сопоставленных продольных профилей дна за 1914–1978 гг. На этом участке реки показывает, что направленность и интенсивность вертикальных деформаций [9] связана с сочетанием факторов, влияющих на соотношение фактического (I) и «устойчивого» (I_0) уклона русла реки [1].

После образования Каргалинского прорыва в 1914 г. одностороннее врезание потока на участке длиной 84 км соответствовало условию $I > I_0$, где I – фактический уклон поверхности дельты в направлении прорыва реки, а I_0 находят по формуле:

$$I_0 = 15 \cdot 10^{-5} \cdot Q_{\phi}^{-1} R_p^{0,75}, \quad (2)$$

В соотношении (2) Q_{ϕ} и R_p – соответственно, руслоформирующий расход реки и расход взвешенных наносов руслового генезиса [1]. В условиях высокой водности врезание потока в дельтовые отложения проходило на фоне продольного уменьшения речных наносов.

При отсутствии выработанного русла все речные наносы отлагались в понижениях и водоемах дельтовой равнины в зонах замедления скоростей течения. Скорость направленных русловых деформаций достигала 15–20 см/год, что соответствует исключительно высокой скорости этого процесса [4].

Существуют планы спрямления реки в районе Шавинского разветвления русла. Эти мероприятия могут обеспечить локальное увеличение уклонов водной поверхности и увеличение пропускной способности русла вследствие эрозионной направленности вертикальных деформаций.

Поскольку дельтовые отложения представляют собой плотные суглинки, то скорость размыва русел по трассе спрямляющих прорезей относительно мала, что снижает эффект быстрой результативности этого метода в дельте Терека. Уменьшение величины «устойчивого» уклона реки I_0 (в соответствии с уравнением (2)) возможно при увеличении руслоформирующего расхода и (или) при уменьшении расхода наносов, поступающих в дельту реки.

Поскольку величина Q_{ϕ} связана с величиной среднего стока и максимальными расходами

воды, то этот вариант уменьшения устойчивого уклона за счет целенаправленного изменения Q_{ϕ} неприемлем. Он повышает вероятность формирования максимальных уровней воды и прорыва противопаводочных дамб. Поэтому более реальным вариантом снижения величины I_0 является уменьшение расхода речных наносов.

Одним из вариантов его уменьшения можно связывать с созданием наносохранилищ, в котором можно задерживать часть взвешенных наносов реки. В этом случае (при $Q_{\phi} = \text{const}$) окажется, что $R < R_{\text{тр}}$, а для участка реки ниже плотины будут характерны процессы врезания потока и увеличения пропускной способности русла, снижающие вероятность наводнений.

Другой способ уменьшения стока наносов, поступающих в русло Каргалинского процесса,

предполагает [3] рассредоточение стока воды в пространстве дельты. Наличие и использование обводнительных и оросительных каналов, в частности, позволяет уменьшить поступление наносов на устьевой участок реки и, следовательно, снизить скорость утраты пропускной способности русла, повысить его стабильность, снизить вероятность катастрофических затоплений освоенной местности.

Ограничением в использовании этого приема является современное состояние каналов. В своем большинстве они утратили пропускную способность вследствие их заиливания [10], [12]. В середине XX в. из русел этих каналов ежегодно извлекалось до 2 млн. т. отложений. Поэтому для решения проблемы наводнений в дельте Терека необходимо восстановить пропускную способность каналов.

10.09.2015

Список литературы:

1. Алексеевский Н.И., Михайлов В.Н. Теоретические схемы русловых переформирований и их применение в дельте Терека // Водные ресурсы р. Терек и их использование. Ростов-на-Дону: Южгипроводхоз, 1983. С. 79-91.
2. Байдин С.С. Стадийность развития устьевой области реки // Тр. ГОИНа, 1971. Вып. 104. С. 5-30.
3. Беляев И.П. Гидрология дельты Терека. М.: Гидрометеиздат, 1963. 208 с.
4. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М: ГЕОС, 2000. 332 с.
5. Гидрология устьев Терека и Сулака. М.: Наука. 1993. 160 с.
6. Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е., Артемов А.К., Яготинцев В.Н. Катастрофический паводок в дельте Терека в июне-июле 2002 года // Метеорология и гидрология. М., 2005. №5. С. 62-71.
7. Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е., Иллаев Т.С. Русловые деформации и перераспределение стока на устьевом участке р. Терек после катастрофического паводка 2002 г. // Водные ресурсы. 2006, т. 33. №6. С. 677-685.
8. Маккаев Н.И. Особенности формирования русла в низовьях равнинных рек // Проблемы физической географии. М.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 16. С. 49-78.
9. Михеев Н.Н., Кадомский А.М., Максимов Ю.А., Черноусов И.И. Водохозяйственные, гидрологические и рыбохозяйственные проблемы бассейна реки Терек // Водные ресурсы бассейна Терека и их использование. Ростов-на-Дону. Южгипроводхоз. 1983. С. 3-17.
10. Воробьев А.Е., Орцухаева З.Ш., Роман А.Т. Характеристика гидрогеологических условий бассейна р. Терек // Труды Международной научно-практической конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030». Часть II. Караганда. 2012. С. 278-280.
11. Воробьев А.Е., Орцухаева З.Ш. Анализ возможных вариантов снижения риска наводнений // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, – Вып. 19. 2013. С. 174-178.

Сведения об авторах:

Воробьев Александр Егорович, заведующий кафедрой нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела Российского университета дружбы народов, главный научный сотрудник Института экологических проблем гидросферы
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, тел/факс: (495) 434-53-00, (495) 433-95-88, e-mail: fogel_al@mail.ru

Орцухаева Зинаида Ширвановна, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова, младший научный сотрудник Института экологических проблем гидросферы
364051, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Исаева, 100, телефон (8712) 22-36-07, e-mail: eku-or@mail.ru

Алфёрова Наталья Николаевна, аспирант кафедры геологии Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 298803, e-mail: maneb-or@mail.ru