

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 551.435.13:551.438.5(282.247)

© 2002 г. Т.В. КУТУЗОВ

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ И ИХ УЧЕТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ КОММУНИКАЦИЙ¹

В настоящее время среди исследователей существует мнение, что вертикальные деформации русел малы и не представляют угрозы для переходов коммуникаций через реки. Это было бы так, если бы все переходы заглублялись на 3–5 м ниже отметок дна (для Европейской части России); на самом деле величины заглубления существующих коммуникаций редко превышают 1–2 м, и, как правило, у эксплуатирующих организаций возникают проблемы с их сохранностью.

Действительно, направленные вертикальные деформации, проявляющиеся в общих размывах дна и понижении его отметок, в естественных условиях обычно оцениваются на равнинных реках в миллиметрах или даже в долях миллиметра в год [1–3]. Поэтому при проектировании подводных переходов со сроком службы – первые десятки лет – ими можно пренебрегать. Местные размывы дна, происходящие как следствие развития излучин, углубления одного из рукавов или других проявлений периодических русловых деформаций достаточно велики, и именно их величина обязательно прогнозируется для определения глубины заложения коммуникаций [4]. Также велики амплитуды колебаний отметок дна русел, возникающих при смещении перекатов, побочней или других аккумулятивных форм руслового рельефа, а также при местных размывах дна возле инженерных сооружений и при стеснении потока, например, опорами мостов [5]. Для всех этих проявлений вертикальных деформаций существуют апробированные методы расчета, широко применяемые на практике, хотя многообразие и сложность процессов не везде гарантируют от ошибок, что приводит к возникновению аварийных ситуаций.

Однако в случае интенсивной антропогенной нагрузки на реки интенсивность вертикальных деформаций резко (на порядки величин) возрастает. Таково врезание русел рек в нижних бьефах гидроузлов [6–8] и на участках разработки русловых карьеров стройматериалов [9]. Для них не только разработаны методы расчета, но и дана реалистическая оценка последствий самого явления на многих реках России, затронутых этими видами техногенных воздействий [10]. В подобных условиях при проектировании переходов коммуникаций через реки требуется специальный анализ вертикальных русловых деформаций для определения оптимальной величины их заглубления под руслами рек. С этой целью для ряда рек Европейской части России были построены графики зависимостей $Q = f(H)$, где Q – измеренный расход воды, м³/с, а H – уровень воды, соответствующий ему в метрах от нуля графика водомерного

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 00-05-64690).

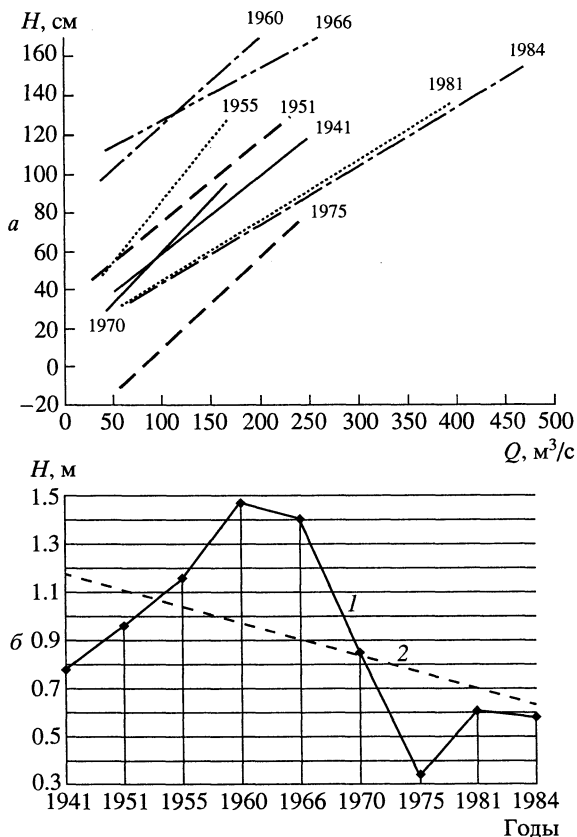


Рис. 1. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п Эльхотово (р. Терек)

a – зависимостей $Q = f(H)$; $б$ – график $H = (T, Q)$.

1 – изменение уровня при $Q = 150$ м³/с; 2 – общий тренд данных

поста, а также графики изменения уровня при заданном расходе по данным гидрологических постов (г/п), чьи створы находятся вблизи существующих кабельных переходов (Терек, Кума, Малка, Ока, Дон). Все эти реки подвержены сильной антропогенной нагрузке, что сказывается на их русловом режиме.

При этом следует отметить, что для проектирования кабельных переходов связи в отличие от трубопроводов и других коммуникаций до сих пор нет соответствующих методических указаний или руководств по учету русловых процессов. На практике в проектных организациях применяются по аналогии те нормативные документы, которые разработаны для других проектных целей (переходов газо-, нефте-, продуктопроводов, линий электропередач и др.), хотя подводные кабельные переходы отличаются от них определенной спецификой [11]. Кроме этого, практически во всей нормативной литературе по этому вопросу игнорируются направленные вертикальные русловые деформации.

Для Терека графики $Q = f(H)$ построены по трем постам – Владикавказ, Эльхотово, Моздок.

Для первого участка был использован анализ совмещенных зависимостей $Q = f(H)$, проведенный при изучении возможности регенерации карьеры ПГС на р. Терек у г. Беслан [12]. Анализ показал, что интенсивное взрезание русла наблюдалось в период 1936–1960 гг., уровни понизились на 0.70 м. Это объясняется проведенными в этот период гидротехническими мероприятиями (строительство набережных в преде-

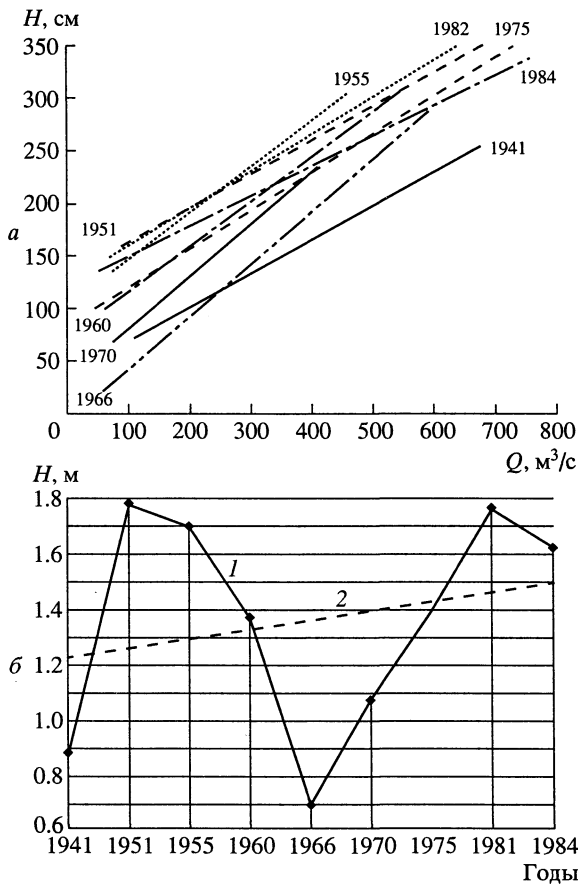


Рис. 2. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п Моздок (р. Терек)
Усл. обозначения см. рис. 1

лах Владикавказа) и разработкой карьеров в русле ниже по течению. В период 1960–1996 гг. врезание русла приобрело естественные скорости, и уровни понизились на 0.30 м.

Гидрологический пост Эльхотово (наблюдения на нем прекращены в 1984 г.) находится на относительно прямолинейном участке русла Терека. В межень оно представляет собой галечное поле (обсохшие отмели) в пойменных берегах, среди которых русло Терека по ширине занимает всего четвертую часть. При повышении уровня русло разделяется на несколько протоков, в каждую из которых может перейти главное течение реки, размыв ее русло, тогда как прежнее русло будет занесено наносами, обмелеет и в межень превратится в обсохшее ложбинообразное понижение среди галечного поля.

По совмещенным зависимостям $Q = f(H)$ и графику изменения уровня при $Q = 150 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 1) за период 1941–1984 гг. определена средняя величина колебания уровней, примерно равная 1.15 м. С 1941 по 1960 г. уровни повысились на 0.7 м, что обусловлено естественными процессами аккумуляции наносов на данном участке при выходе реки из ущелья "Эльхотовские ворота" на предгорную равнину. После проведенных гидротехнических мероприятий в районе поста (обвалование русла, устройство водозабора в Эльхотовский канал) в 1960–1975 гг. произошло врезание русла и понижение отметок его дна на 1.14 м. При этом на дне были вскрыты трудноразмываемые скальные породы, дальнейший врез прекратился, а затем на фоне

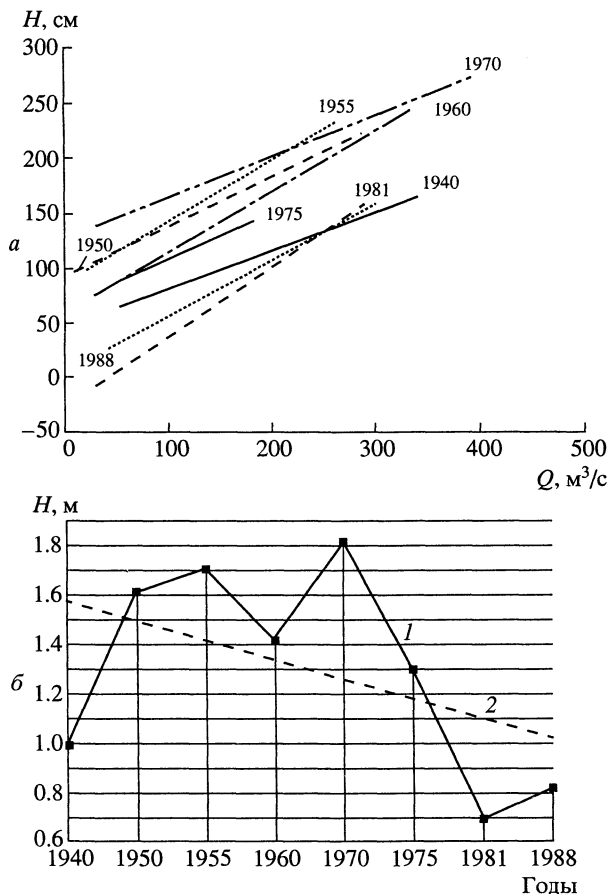


Рис. 3. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п станция Прохладная (р. Малка)
Усл. обозначения см. рис. 1

пониженной водности (забор воды в канал) началась аккумуляция наносов – уровни повысились с 1975 до 1981 г. на 0.3 м. Однако общий тренд данных по участку показывает, что здесь преобладает процесс врезания русла со скоростью около 0.3 см/год.

На третьем участке (г/п Моздок) графики (рис. 2) показали циклическое колебание уровня. В период 1941–1984 гг. наблюдаются два одинаковых понижения и повышения уровня с амплитудой 1–1.1 м, что объясняется прохождением крупных русловых гряд через створ поста с шагом порядка 25 лет. Размеры гряд вполне соответствуют размерам и водности реки. Общий тренд показал, что здесь идет процесс аккумуляции с небольшими скоростями, обусловленный небольшим подпором от нижележащего водохранилища.

На р. Малка створ гидрологического поста станция Прохладная расположен на 0.75 км ниже слияния реки с р. Баксан. Здесь на русловый режим в основном влияет приток, более полноводный и насыщенный наносами. Графики $Q = f(H)$ (рис. 3) показали, что с 1940 до 1970 г., когда реки находились в естественном состоянии, уровни повысились на 0.8 м, причем можно отметить, что через створ поста прошли две небольших русловых гряды высотой 0.3–0.5 м и с шагом порядка 15 лет. В результате проведенных гидротехнических мероприятий на участке активной разработки карьеров в русле реки с 1981 г. произошло врезание русла на 1.12 м. Затем ситуация

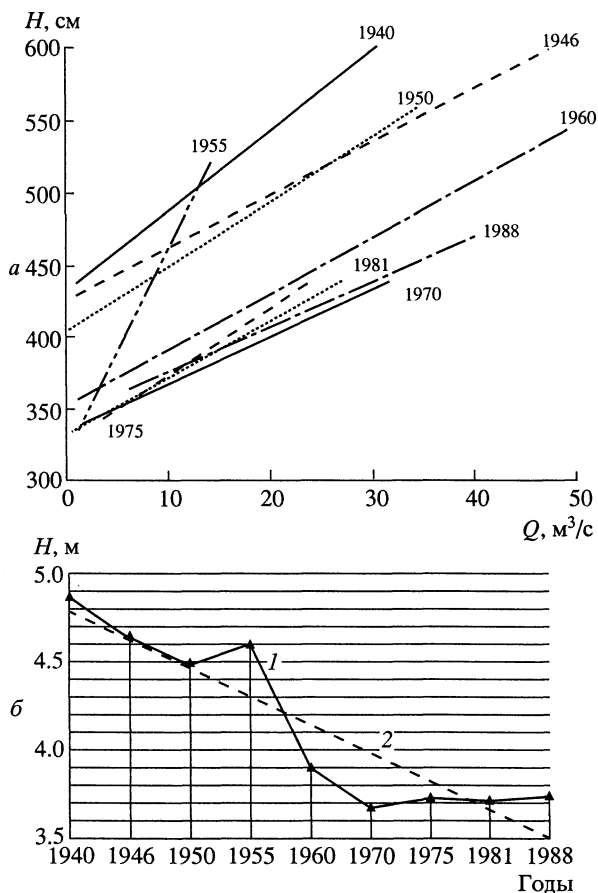


Рис. 4. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п Александрийское (р. Кума)
 1 – изменение уровня при $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$.
 Остальные усл. обозначения см. рис. 1

стабилизировалась, и на участке начался процесс аккумуляции со скоростью $\sim 1.3 \text{ см/год}$. Однако на данный момент результирующим за этот период является общее понижение отметок дна со скоростью $\sim 1 \text{ см/год}$.

Сток Кумы сильно зарегулирован (Отказненское и другие водохранилища). Во многих местах русло реки обваловано. В большом объеме сток разбирается на орошение; кроме того, река испытывает очень сильную другую антропогенную нагрузку. Створ гидрологического поста Александрийское расположен в пределах населенного пункта на относительно прямолинейном участке русла. В период 1940–1988 гг. преимущественно наблюдалось врезание русла (рис. 4), уровни понизились на 1.5 м. Это объясняется легко размываемыми грунтами, слагающими русло, и усиленной антропогенной нагрузкой, выраженной в массовых гидротехнических мероприятиях, связанных с укреплением русла (обвалование, набережные). Небольшие повышения уровней наблюдались в периоды 1950–1955 и 1970–1975 гг., что, вероятно, связано с некоторым повышением водности в эти годы и повышенным выносом сюда наносов из вышележащих притоков.

Гидрологический пост на р. Дон в Задонске расположен в 0.2 км выше железнодорожного моста. Совместный анализ построенных зависимостей расходов от уровней и графика изменения уровней при $Q = 50 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 5) показал, что в период 1936–

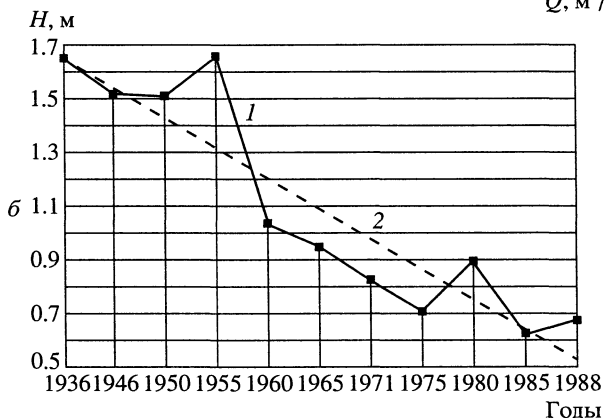
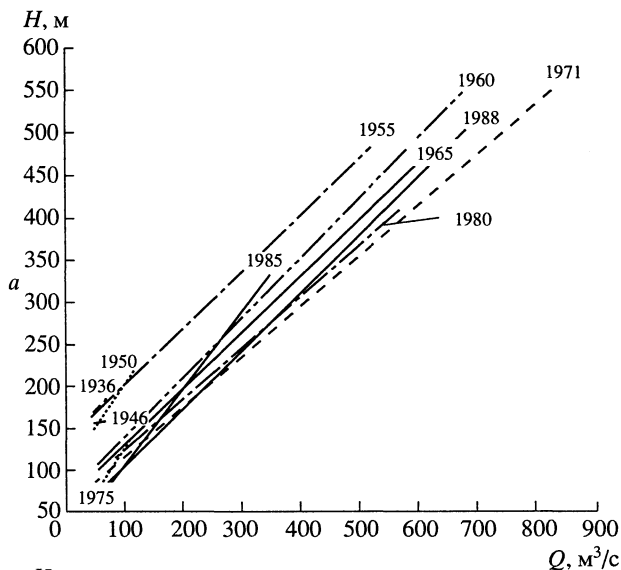


Рис. 5. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п Задонск (р. Дон)
1 – изменение уровня при $Q = 50 \text{ м}^3/\text{с}$. Остальные усл. обозначения см. рис. 1

1955 гг. русло на участке было стабильным. Небольшие повышения и понижения уровня в этот период можно отнести за счет прохождения небольших русловых гряд с шагом ~ 5 лет и высотой 0.2 м. Основное врезание русла произошло в период 1955–1975 гг., когда уровни понизились почти на 1 м (скорость врезания 5 см/год). Это явилось следствием постройки железнодорожного моста и процесса общего примостового размыва. В период 1971–1988 гг. ситуация нормализовалась в результате проведенных гидротехнических мероприятий, направленных на стабилизацию русловых процессов в районе моста.

Гидрологический пост Калуга на Оке расположен на прямолинейном участке врезанного русла с песчано-гравийным составом наносов. Здесь с 1948 до 1962 г. наблюдался процесс естественной аккумуляции наносов – уровни повысились на 0.15 м. С 1962 до 1975 г. произошло понижение уровней в итоге на 0.9 м. Это связано с увеличением объемов дноуглубления на перекатах по трассе судового хода и с разработкой карьеров стройматериалов в русле реки ниже по течению. С 1975 до 1980 г. знак процесса сменился, вероятно, из-за прохождения русловой гряды через створ поста. С 1980 до 1988 г. врезание русла активизировалось, вследствие увеличения объемов выработок в русловых карьерах уровни понизились еще на 0.4 м.

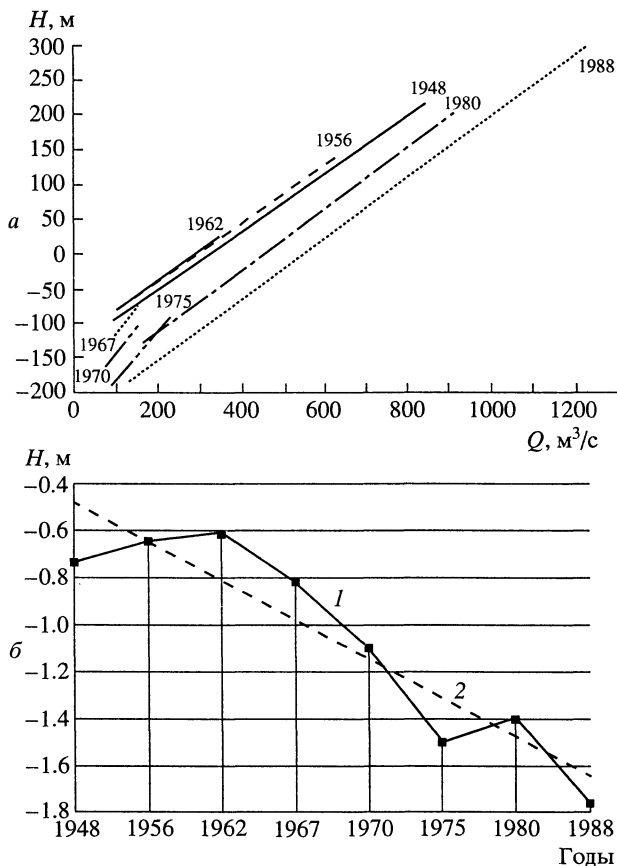


Рис. 6. Изменение положения кривых за многолетний период на г/п Калуга (р. Ока)
Усл. обозначения см. рис. 1

Общая направленность процесса здесь прослеживается по графику изменения уровня воды при $Q = 150 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 6) – это врезание русла со скоростью около 2.9 см/год .

Выводы

В естественном состоянии русел рек величина врезания невелика и колеблется в пределах $0.3\text{--}0.5 \text{ м}$, что не представляет угрозы подводным переходам коммуникаций, рассчитанным на срок эксплуатации $20\text{--}30$ лет. Но в условиях большой антропогенной нагрузки (обвалование русел, разработка карьеров, забор стока на орошение и т.д.), наблюдается активизация врезания русел рек.

Под влиянием антропогенных факторов (особенно русловых карьеров) процессы врезания активизируются и могут достигать за 20 лет 1.2 м и более, что обязательно надо учитывать при проектировании подводных переходов.

При проектировании подводных переходов (особенно на реках с грядовым движением наносов) необходимо учитывать параметры гряд и их временной шаг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
2. Алексеевский Н.И., Чалов Р.С. Движение наносов и русловые процессы. М.: 1997. 166 с.

3. Чалов Р.С., Лю Шугуан, Алексеевский Н.И. Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая (Северная Двина, Обь, Лена, Хуанхэ, Янцзы). М.: Изд-во МГУ, 2000. 212 с.
4. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов) ВСН 163-83. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
5. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. М.: Транспорт, 1980. 215 с.
6. Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М.: Наука, 1972. 238 с.
7. Лапишников В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 240 с.
8. Векслер А.Б., Доненберг В.М. Переформирования русла в нижних бьефах крупных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1983. 216 с.
9. Руководство по разработке раздела "Охрана окружающей среды" в проектах карьеров обводненных месторождений песчано-гравийных материалов. М.: Департамент речного транспорта, 1996. 132 с.
10. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС, 2000. 332 с.
11. Кутузов Т.В. Учет русловых процессов при проектировании подводных кабельных переходов связи через реки // Тр. пятой науч. конф. "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей". М.: 1999. С. 330–332.
12. Изучение возможности регенерации картера ПГС на пойме р. Терек у г. Беслан // Отчет Геофака МГУ. М.: ООО "Гей-Ваб", 1998.

ОАО "Типросвязь"

Поступила в редакцию
29.05.2001

VERTICAL CHANNELS DEFORMATIONS AND THEIR ACCOUNTABILITY IN THE SUBMERGED COMMUNICATION CROSSING DESIGN

T.V. KUTUZOV

S u m m a r y

A method of evaluation of the vertical channel deformations is put forth. It is based on dependence between Q and H and the level changes independent of Q are taken into consideration. The latter are obtained from gauging-stations data (Terek, Malka, Kuma, Don, Oka rivers).