

Р.Д. Фролов

РУСЛОВОЙ РЕЖИМ РЕК И ИХ СУДОХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ

R.D. Frolov

RIVER REGIMES AND THEIR NAVIGABLE CONDITIONS

Рассмотрено влияние путевых работ на русловые процессы. Выполнен анализ работы отдельных гидротехнических сооружений в условиях различных типов русловых процессов на примере верхнего и нижнего участков р. Волги.

The impact of the various hydrotechnical operations on the river-bed processes is considered. The work of some hydrotechnical constructions under different types of river-bed processes on the upper and lower parts of the Volga is analyzed.

Конкретному русловому режиму рек присущ определенный характер деформаций речного русла. В свою очередь, переформирования русла обуславливают соответствующие деформации и судового хода.

Таким образом, в ходе гидротехнического строительства на реках при решении проблем их судоходного освоения обязателен, во-первых, учет современной стадии развития руслового процесса, а во-вторых – прогноз возможной перспективной ситуации.

Практика проектирования и строительства долговременных гидротехнических сооружений на реках, или приспособление рек для современного судоходства подтверждает, что положительный экономический и экологический эффект может быть достигнут только при условии исследования и учета специфики руслового режима реки. Масштабная и разносторонняя оценка руслового режима реки является необходимой базой, благоприятствующей разработке достоверного прогноза возможных долговременных деформаций всей системы русло - судового ход.

С учетом изложенного в речной судоходной гидротехнике принято разделять деформации русла, носящие долговременный характер, и «оперативные» сезонные деформации отдельных участков реки. Практика показывает, что и те и другие деформации русла требуют к себе надлежащего внимания и их игнорирование при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений пагубно.

Известно, что многолетние деформации речных русел в их «судоходном» понимании сопряжены с изменением положения участков русла в плане.

Так, наиболее характерным примером этого являются деформации русла в процессе его меандрирования. В прошлом классическое меандрирование определялось постепенным развитием излучины русла и периодическим возможным прорывом перешейка весенним потоком. Однако в условиях все более интенсивного антропогенного воздействия на русло эта классическая схема встречается все реже.

Наличие в излучине населенных пунктов, водозаборов, причалов требует ограничения развития излучины и возможности ее последующего естественного спрямления. С помощью берегоукрепительных работ завершение процесса свободного меандрирования русла до его логического естественного конца обычно не допускается. В этой ситуации подобный характер деформации русла для судоходства перестает быть проблемным, так как регулируется человеком.

К одному из видов многолетних деформаций русла, более негативно влияющих на судоходство, можно отнести деформации элементов перекатных участков реки. Здесь многолетние долговременные деформации русла в плане в основном заключаются в более или менее циклических изменениях конфигурации и размеров побочной, являющихся элементами переката.

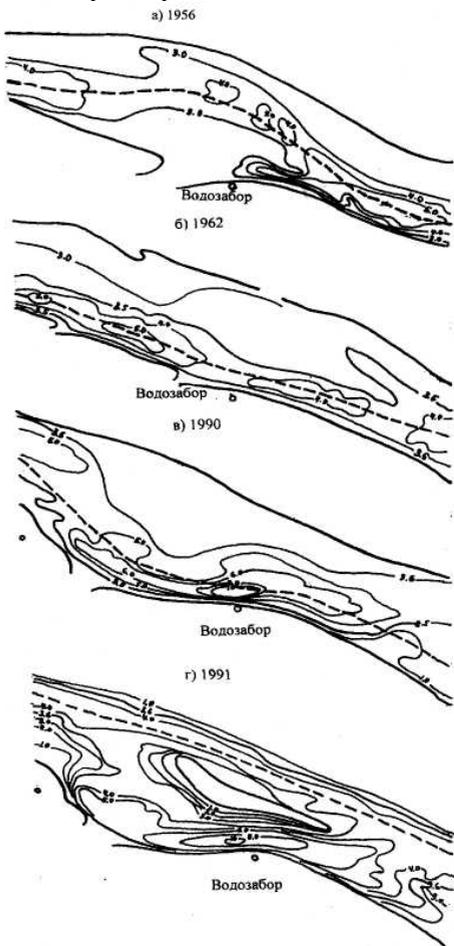


Рис. 1. Схема изменений положения судового хода на р. Волге.

Бытующее мнение (к сожалению, даже у ряда специалистов) о постепенном смещении – «сползании» побочной вниз по реке не подтверждено жизнью [Гришанин, 1986]. Перекат и даже весь перекатный участок, как правило, стабильно сохраняет свое местоположение по длине реки. Подобная ситуация обусловлена местными и в рамках реального времени постоянными условиями (очертание коренных берегов, наличие плотных неразмываемых грунтов, возведенные человеком инженерные сооружения и др.).

Одним из многочисленных наглядных примеров подобных естественных и вынужденно периодически корректируемых человеком являются деформации русла Волги в районе водозаборного комплекса Нижнего Новгорода (рис. 1).

С целью нормализации положения, с учетом конфигурации русла было принято решение о частичном «отторжении» от бровки поймы этого побочня и

смещения динамической оси потока и судового хода к правому берегу – к водозабору.

Выполненная с помощью земснарядов работа примерно на 20 лет нормализовала ситуацию (рис. 1, б).

Однако увеличившийся в размерах левобережный побочень стеснил поток и спровоцировал размыв дна в районе водозабора с увеличением глубины с 5-6 до 11 м (рис. 1, в).

Здесь, несколько ниже мощного правобережного побочня, был построен водозаборный комплекс (рис. 1, а). С вводом в 1955 г. в эксплуатацию Нижегородской ГЭС интенсивность местных переформирований русла резко возросла. Развивающийся правобережный побочень по существу парализовал работу водозабора.

Для предотвращения обрушения сооружений водозабора рассматривался вариант строительства системы дорогостоящих выправительных сооружений из камня. В связи с тем что водозабор находится в нижнем бьефе НН ГЭС со сложной ледовой обстановкой, от этого варианта было решено воздержаться. Реализовано предложение Волжской государственной академии водного транспорта - с помощью земснарядов «отторгнуть» от берега мощный левобережный побочень и перенести динамическую ось потока и судовой ход к левому берегу (рис. 1, з).

В результате этого скорости течения в зоне водозабора снизились, глубинная эрозия русла прекратилась.

Подобными действиями, учитывавшими тенденцию в деформациях побочней и русла, обеспечена нормальная работа водозабора в течение уже более чем 50 лет. При этом примыкающие к участку верхний и нижний перекааты практически стабильно сохраняли свое местоположение по длине реки.

При многорукавном типе руслового процесса наблюдается периодическое развитие (размыв) и частичное отмирание (аккумуляция наносов) одного или нескольких рукавов разветвленного участка реки.

В случае прогрессирующего занесения наносами используемого для судоходства рукава поддержание в нем требуемых судоходных глубин становится все более затруднительным. Резко возрастает потребность в дноуглубительных работах, увеличивается кривизна судового хода. Одновременно наблюдается боковая эрозия русла, судоходный рукав постепенно меняет свое положение в плане.

Из практики судоходства известно, что выдерживание в течение навигации установленных в деформируемом русле габаритов судового хода требует регулярного производства дноуглубительных работ. Дноуглубительные работы подразделяются на ряд видов. Для целей обеспечения транзитного судоходства с помощью земснарядов выполняются эксплуатационные и капитальные дноуглубительные работы.

В ходе эксплуатационных дноуглубительных работ разрабатываются судоходные прорези (подводные каналы) по трассе существующего судового хода. При выявившихся интенсивных переформированиях русла и возникновении неблагоприятной для судоходства ситуации разрабатываются капитальные судоходные прорези. Подобные прорези, как правило, требуют значительных затрат и сопряжены с кардинальным изменением положения судового хода - переноса в ранее несудоходный рукав или отторжением побочня и смещением оси судового хода в пределах меженного русла (рис. 1).

В связи с замедленным процессом переформирований русла принятие решения о типе прорези на ранней стадии развития возможных неблагоприятных для судоходства деформаций затруднено. Очень важно выявить направленность и интенсивность деформаций, установить и обосновать необходимость принятия того или иного решения - более экономичного или требующего значительных капиталовложений. Помимо затратной составляющей необходимо учитывать, что капитальные судоходные прорези оказывают большую техногенную нагрузку на речной поток и русло. При неудачно принятом решении они могут спровоцировать неблагоприятные для окружающей среды деформации русла реки на ее определенном протяжении.

Надлежащий уровень обоснования принимаемого решения особенно важен при выборе одного из вариантов: или «силовое» сохранение судоходства в отмирающем рукаве реки, или ускоренный перенос судоходства в развивающийся рукав. При этом необходимо установить оптимальные сроки начала комплекса путевых работ.

Одним из важных признаков приближения необходимости кардинального вторжения в режим реки или занятия еще «выжидательной» позиции является изменение интенсивности общих русловых переформирований.

Эта ситуация особенно наглядно проявляется в нижних бьефах ГЭС с началом регулирования ими стока и на реках с пойменной многоруканностью. Подобным примером является Нижняя Волга. Здесь регулирование стока Волгоградским водохранилищем и реем Волжским каскадом вызвало исключительно интенсивное развитие или отмирание рукавов, необходимость частого переноса судового хода из одного рукава в другой.

Такая возросшая подверженность русла изменениям проявляется в течение первого (с неизвестной продолжительностью) этапа регулирования стока. В этих условиях временно легкодеформируемого русла выполнение капитальных дноуглубительных работ или работ по стабилизации русла такой большой реки было признано нерациональным.

Институт водных проблем АН предпринял попытку оценки стабильности русла путем учета его плановых перемещений [Дебольский, 1985]. Волжской государственной академией водного транспорта длительность рассматриваемого периода была увеличена [Исследовать водный..., 1989].

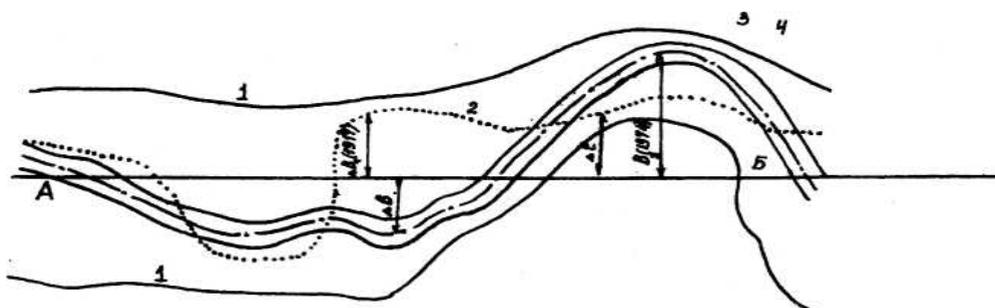


Рис. 2. Схема к оценке плановых деформаций. АБ – условная ось; 1 – бровка поймы; 2 – ось судового хода 1917 г.; 3 – русло реки 1974 г.; 4 – ось судового хода 1974 г.

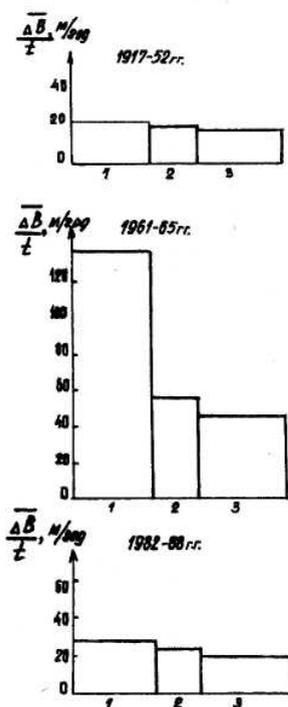


Рис. 3. Интенсивность деформаций оси судового хода в плане.

Оценка плановых деформаций русла заключается в определении изменения положения оси судового хода относительно постоянной для конкретного участка условной оси (рис. 2). Исследования охватили почти 400-километровый участок Нижней Волги, верхняя граница которого находится в 20 км ниже створа ГЭС. Осредненная для участка величина Δb , отнесенная к длительности рассматриваемого периода, характеризует общую интенсивность плановых деформаций русла (рис. 3).

Из диаграмм четко видно, что в естественных условиях, до начала регулирования стока (1917 – 1952 гг.), интенсивность деформаций по длине реки была невысокой и стабильной.

С началом регулирования стока русло на протяжении 119 км потеряло устойчивость.

Последующая стабилизация русла (1982 – 1988 гг.) явилась основанием для возврата к практикуемому на естественных водных путях выборочному капитальному их улучшению.

Таким образом, приведенные примеры, как значительных деформаций побочней, так и развития или отмирания рукавов, относят к категории много-

летних, и сохранение на реках благоприятных условий для судоходства, по наступлению благоприятного момента, достигается с помощью капитальных работ.

Помимо многолетних деформаций на реках имеют место сезонные деформации перекатов.

Известно, что формы и размеры русла рек в зоне переката и примыкающих к нему плесовых лощин принципиально различаются. В значительном большинстве случаев поперечные сечения русла в районе гребня переката при низких уровнях меньше, чем в плесовой ложине, а при высоких уровнях половодья – больше, чем в ложине. Эта аномалия обусловлена тем, что многие перекаты расположены на уширенных участках русла и их берега представлены относительно низкими побочнями.

В связи с изложенным, у весеннего потока, перемещающего значительный объем наносов, при подходе к перекату уменьшается скорость течения, его транспортирующая способность снижается.

В итоге часть наносов временно аккумулируется на перекате, гребень которого повышается. В последующем при какой-то отметке уровня воды спада половодья площади живых сечений выравниваются и поток короткое время обеспечивает транзитное перемещение наносов по плесовой ложине и перекату. Затем, при понижении уровня воды, соотношение размеров поперечных сечений меняется на обратное – происходит постепенный размыв гребня переката [Гришанин, 1986].

По существу, подобные вертикальные перемещения отметки гребня переката носят циклический характер, повторяясь каждый год. Величина амплитуды этих деформаций зависит от множества факторов: водности реки, объема твердого стока, размеров и формы поперечных сечений, высоты и интенсивности спада половодья и др.

Частичный размыв гребней перекатов обычно происходит замедленно, и достигнутые в прошлом с помощью земснарядов судоходные глубины к наступлению низких уровней воды очередной навигации не восстанавливаются. В связи с этим в период спада половодья, на сотнях перекатов равнинных судоходных рек должны быть своевременно разработаны эксплуатационные судоходные прорези.

Подобные закономерности, обуславливающие природу сезонных деформаций перекатов, наглядно иллюстрируются графиками связи уровень воды – площадь живого сечения русла на перекате и плесовой ложине р. Волги (рис. 4).

Аналогичная ситуация прослеживается на перекатах р. Вятки. Здесь на горизонтальной шкале графиков вместо размера живой площади приведена средняя скорость течения воды (рис. 5).

На рассмотренных двух реках, значительно различающихся водностью и размерами, общая закономерность процесса сезонных деформаций сохраняется.

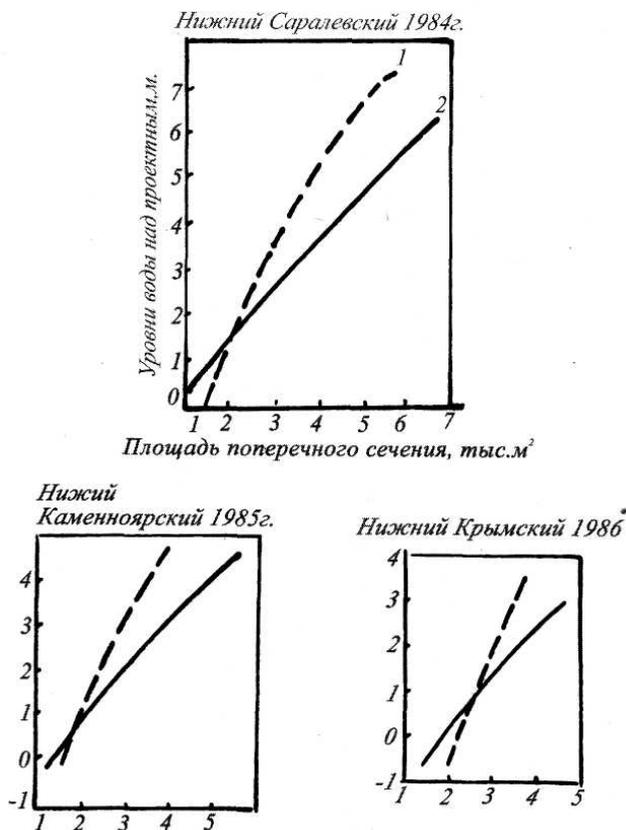


Рис. 4. Перекаты Нижней Волги. 1 – плесовая лощина, 2 – перекат.

Для производства дноуглубительных работ исключительно важно установление отметки уровня воды, когда поток начинает размывать гребня переката. Разрабатываемые в этих условиях судоходные прорези имеют большую сохранность и работа земснарядов наиболее продуктивна. Перекаты судоходных рек отличаются большим разнообразием и уровень пересечения двух кривых (рис. 4 и 5) характеризуются разными отметками. Поэтому, для повышения эффективности ежегодно выполняемых эксплуатационных дноуглубительных работ перекаты условно объединяют в однотипные группы.

Подобным образом обоснованные отметки целесообразного углубления групп перекатов способствуют возможности оперативного маневрирования дноуглубительной техникой.

Изложенное выше свидетельствует об исключительной зависимости продуктивности путевых дноуглубительных работ на судоходных реках от степени учета их руслового режима.

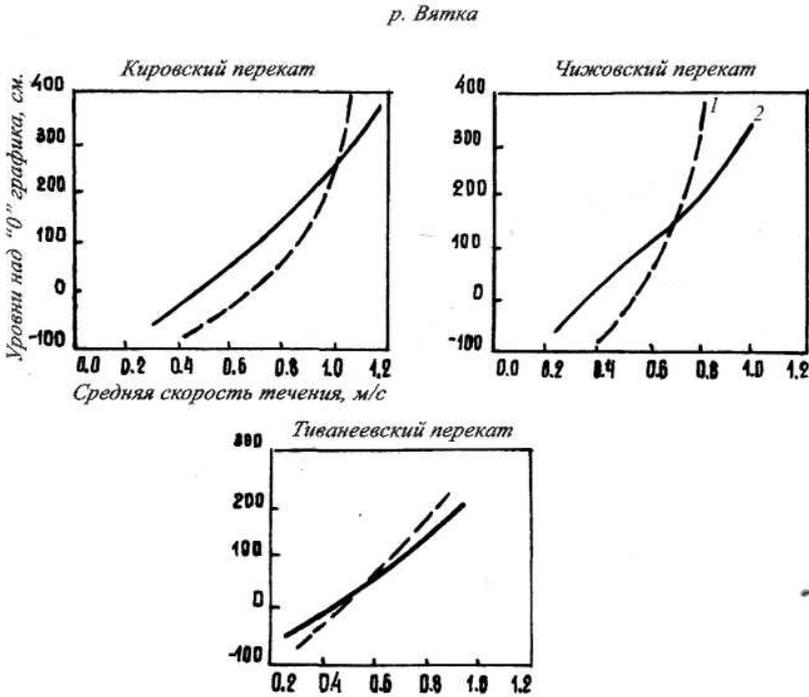


Рис. 5. Перекаты р. Вятка. 1 – перекат, 2 – плесовая лощина.

Литература

1. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с.
2. Дебольский В.К., Долгополова В.Н., Орлов А.С., Сеземан В.И. Статистическое описание изменчивости русла нижней Волги, ВНИ: Гидрофизический процесс в реках и водохранилищах. – М.: Наука, 1985, с. 181–185.
3. Исследовать водный и русловый режимы Нижней Волги, обосновать и внедрить комплекс путевых работ по поддержанию гарантированных габаритов судового хода в условиях планируемого отбора части стока и ограничений Минрыбхоза. Отчет о НИР № 874245, ГИИВТ, 1989. – 181 с.