

УДК 627.4: 624.058.4

## **СПОСОБЫ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ РУСЕЛ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ И ПРОВОДЯЩИХ КАНАЛОВ**

**В.Н. Карнаухов**, кандидат технических наук  
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

**Ключевые слова:** водоприемник, русло, способы ремонта, реконструкция русел

### **Введение**

Для мелиоративных систем огромное значение имеют устойчивость и пропускная способность русел открытых каналов регулирующей и проводящей сети и особенно рек-водоприемников. Параметры открытой проводящей сети мелиоративных систем и рек-водоприемников, в которых наблюдаются эрозионные и аккумулярующие процессы, со временем трансформируются и не обеспечивают отвод поверхностных и грунтовых вод в требуемом режиме. Особенно интенсивно русловые процессы протекают в реках и каналах, проложенных по торфяным грунтам, подстилаемым мелкозернистыми песками, что характерно для бассейна р. Припяти. После их длительной (25-30 лет) эксплуатации повсеместно произошли значительные необратимые деформации их русел. Русловой процесс интенсифицировался в сторону расширения русла и заиления дна, местами на величину, соизмеримую с глубиной русла (0,6-1,2 м). Особенно неустойчивыми оказались участки с выборочным спрямлением русел, где на оставшихся поворотах стали развиваться естественные процессы меандрирования. На прямолинейных участках сформировались подвижные макроформы в виде ленточных гряд и побочней. Постепенно подвижные структурные элементы русла в виде гряд перемещаются вниз по течению и накапливаются в зонах периодического подпора, ухудшая гидравлический режим открытой проводящей сети.

В настоящее время отсутствуют специальные нормативно-технические документы, регламентирующие вопросы проектирования реконструируемых мелиоративных систем. Отдельные положения изложены в СНиП 2.06.03-85 и «Руководстве по проектированию и строительству мелиоративных систем» (РПИ-82). Однако со времени их составления прошло уже много лет, и современные актуальные вопросы реконструкции в этих документах не нашли своего отражения.

Отсутствие приемлемого способа управления русловыми процессами в таких условиях предопределили реконструкцию самотечных мелиоративных систем в более энергоемкие польдерные системы с машинным водоподъемом или изменение характера сельскохозяйственного использования затопляемых и подтопляемых земель. Однако меры по обеспечению сохранения и эффективного использования мелиорированных земель, направленные на исключение из пахотных угодий затопленных и подтопленных земель и перевод их только под кормовые угодья длительного пользования, не решают в целом проблему, поскольку не за-

трагируют первопричин – продолжающейся трансформации открытой проводящей сети.

Основными известными причинами деформаций поперечных сечений водотоков являются воздействия на их русла фильтрационных, склоновых и транзитных потоков, а также других атмосферных факторов (промерзание и оттаивание грунта, ветровая эрозия и др.). Причиной повреждения русл бывают иногда и факторы искусственного происхождения, например, неупорядоченные проезды и перегоны, стеснение и засорение русла и т.д.

Наряду с распространенными причинами деформаций русл существует ряд случайных причин, вызываемых конструктивными неточностями, нарушением производственных процессов строительства и ремонта, правил эксплуатации и ухода за водотоками. Такие причины не поддаются расчету обычными методами речной гидравлики и механики грунтов, а могут быть учтены с применением методов надежности. Наиболее распространенными видами деформаций являются размыв русл и их заиление.

Ввиду многообразия природных факторов, воздействующих на русло, предлагается все участки открытой проводящей сети, находящиеся в неудовлетворительном состоянии по условиям руслового режима, разделить на три типа, каждый из которых характеризуется идентичными видами деформаций размыва или заиления и одинаковыми типами руслового процесса (рис. 1).

**Ремонт и реконструкция водоприемников и транспортирующей сети каналов** – наиболее сложный и трудоемкий процесс в комплексе работ по эксплуатации мелиоративных систем.

При анализе динамики изменения руслового и гидравлического режимов рек водоприемников и проводящих каналов обоснованы базовые положения для назначения мероприятий по их управлению [1, 2]:

- создание русел сложного сечения, как одного из приемов достижения оптималь-

ТИП УЧАСТКА	ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ В СРАВНЕНИИ С ПРОЕКТНЫМИ	ТИП РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА
<p>I</p> <p>Зоны накопления наносов</p>		<p>Однонаправленные деформации заиления и повышения дна</p>
<p>II</p> <p>Участки с плесами и перекатами на поворотах</p>		<p>Размыв поворотов. Развитие процессов меандрирования</p>
<p>III</p> <p>Динамически неустойчивые участки русла</p>		<p>Ленточные гряды      Побочни      Русловая многоуровневность</p>

**Рис. 1. Типы участков, находящихся в неудовлетворительном состоянии по условиям прохождения руслового процесса**

ной глубины русла с приданием ему динамически устойчивых параметров;

- применение сосредоточенных направленных потоков для перераспределения наносов по поперечному сечению русла водотока, как возобновляемых экологически чистых источников энергии;
- применение стационарных и передвижных струенаправляющих систем, как энергосберегающих технических средств производства работ.

В качестве пороговых пределов, безопасных из условия развития русловых деформаций открытой проводящей сети, предложено принять характерные стадии движения наносов. В связи с этим незакрепленные водотоки, как водоприемники, предлагается разделить на три категории по использованию и гидравлическому режиму пропуск расчетных расходов (табл. 1). Для каждой категории требуются определенные мероприятия для поддержания их в исправном состоянии.

Если рассматривать 1 категорию открытой проводящей сети, то преобладающими участками, находящимися в неудовлетворительном состоянии, здесь является I тип с однонаправленными деформациями заиления. II и III типы для данной категории водотоков не характерны по условиям их проектирования и строительства.

Для 2 категории открытой проводящей сети характерными являются участки I и II типов. Участки III типа в данной категории водотоков не встречаются исходя из рекомендуемых пределов изменения средней скорости потока  $v$  и наблюдаемого руслового режима.

В 3 категории открытой проводящей сети встречаются все три типа участков, приведенных на рис. 1.

В соответствии с приведенной выше схематизацией многообразия встречаемых вариантов предлагаются следующие схемы назначения мероприятий по реконструкции открытой проводящей сети (табл. 2).

Для водотоков 1 категории по наблюдаемым деформациям поперечного сечения нет необходимости в мероприятиях по их реконструкции. На основании анализа практики проведения регулярных ремонтных работ по подчистке русла от наносов рекомендуется для нижней части русла создавать поперечные сечения с параметрами, полученными для устойчивых форм русел в данных условиях. На таких каналах удаление растительности со дна производится одновременно со скашиванием откосов. Новая форма русла после ремонта обладает большей устойчивостью и позволяет сокращать объемы работ по очистке от заиления, увеличивать межремонтные сроки, а, следовательно, и снижать затраты на ремонт.

Для водотоков 2 категории рекомендуется проводить аналогичные мероприятия для участков I типа, но с устройством в нижней части параболического русла, рассчитываемого по морфометрическим зависимостям в соответствии с методикой расчета динамически устойчивых параметров рек-водоприемников и проводящих каналов, приведен-

**Таблица 1. Группировка открытой проводящей сети по категориям**

Категория	Использование	Пределы изменения средней скорости потока $v$ и ожидаемый русловой режим	Требуемые мероприятия для поддержания русла в рабочем состоянии
1	Проводящие каналы, являющиеся водоприемниками или водосточниками для закрытой осушительной сети и используемые как осушительно-увлажнительные.	$v_{вл} \leq v \leq v_{гр}$ Обеспечивается статическая устойчивость откосов канала к размыву. Обеспечивается некоторая подвижность донных отложений в начале грядобразования, препятствующая зарастанию русла в межень. Не обеспечивается необходимая транспортирующая способность потока и происходит заиление дна русла.	Регулярная механизированная подчистка дна водотока.
2	Проводящие каналы, не являющиеся водоприемниками для закрытой дренажной сети с расходами воды в пределах до 20 м <sup>3</sup> /с.	$v_{гр} < v \leq v_{вз}$ Обеспечивается транспорт наносов, поступающих с осушительной сети, кроме участков, находящихся в периодическом подпоре.	Проведение нормативных ремонтных работ. Устройство русловых отстойников для предотвращения поступления наносов в водоприемники более высокого порядка.
3	Участки канализированных рек-водоприемников и крупных проводящих каналов с расходами до 100 м <sup>3</sup> /с.	$1,4 v_{вл} \leq v < 1,8 v_{вл}$ $\frac{v}{H_c} \leq \left( \frac{v}{H_c} \right)_{доп}$ Расчетный русловой режим допускает наличие обратимых сезонных русловых деформаций.	Проведение планируемых работ по реконструкции с учетом выполнения требований по охране малых рек. Устройство пойменных отстойников для аккумуляции поступающих наносов.

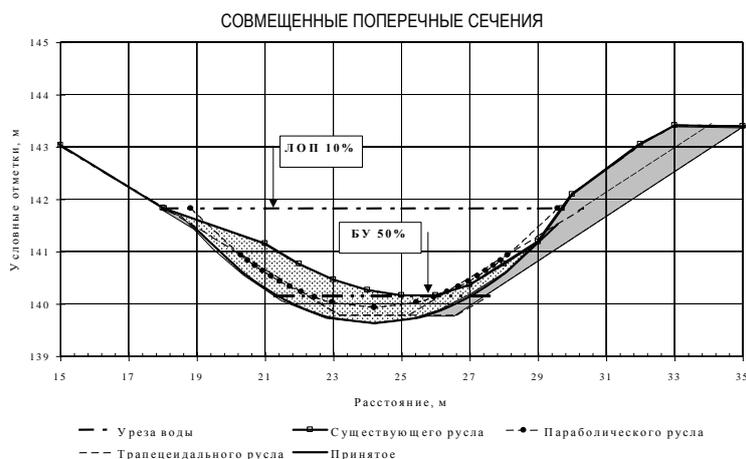
*Примечания.*

1. Обозначение допустимых скоростей, соответствующих началу стадий:  $v_{вл}$  – влечения отдельных зерен грунта,  $v_{гр}$  – грядобразования и  $v_{вз}$  – взвешивания.
2. Устройство защитных полос и водоохранных зон требуется проводить для всех категорий водотоков.

**Таблица 2. Схемы рекомендуемых мероприятий по реконструкции открытой сети**

Категория водотока	Тип участка	Устройство русла	Устройство отстойников
1	I	Проведение нормативных ремонтных работ по подчистке русла с созданием треугольной или ложбинообразной формы нижней части.	Нет необходимости.
2	I	Проведение нормативных ремонтных работ по подчистке русла с созданием параболической формы нижней части. Реконструкция русла с приданием ему сложного поперечного сечения.	Нет необходимости.
	II	Уполаживание откосов на поворотах. Создание русел полигональной формы.	Русловые отстойники и экологические ниши, совмещенные с поворотами.
3	I	Реконструкция русла с приданием ему сложного поперечного сечения.	Нет необходимости.
	II	Устройство струнаправляющих систем на поворотах. Углубление перекатов с применением новых энергосберегающих технологий.	Пойменные отстойники и экологические ниши, совмещенные с поворотами.
	III	Создание русла сложной формы с искусственной пойменной частью, в том числе с применением новых энергосберегающих технологий.	Пойменные отстойники.

ной в [3]. Ремонт каналов выполняется одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием – циркульный ковш, обратная лопата или драглайн. Целесообразность применения данного варианта основывается на том, что при заилении нижней части русла лимитирующим расчетным режимом оказывается пропуск бытовых уровней. Если применить проектное русло, как правило, трапецидальной формы, то потребуются увеличение ширины русла не только в нижней части, но и в верхней, что значительно увеличивает объемы земляных работ (рис. 2). Подчистку рекомендуется производить по односторонней продольно-поперечной или поперечной технологическим схемам.

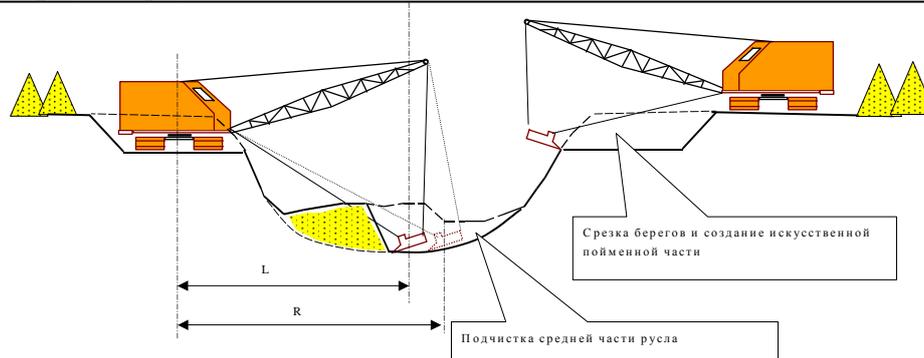


**Рис. 2. Схема подчистки при параболической и трапецидальной формах русла (категория водотока 2, тип участка I)**

В некоторых случаях более экономичным вариантом может быть вариант реконструкции русла с приданием ему сложного поперечного сечения по схеме, приведенной на рис. 3. Целесообразность применения данного варианта основывается на возможности уменьшения земляных работ по подчистке средней части русла за счет создания искусственной пойменной части. Расчет таких русел производится в соответствии с методикой расчета русел сложной формы, приведенной в [4, 5].

Для водотоков 2 категории на участках II типа вместо проведения требуемых ремонтных работ по креплению размываемых поворотов рекомендуется совмещать их с отстойниками наносов или экологическими нишами при соответствующем обосновании. Вариант такой конструкции отстойника и методика его расчета приводится в [6].

Для водотоков 3 категории при реконструкции участков I типа возможно применение варианта с созданием русла сложной формы, приведенного на рис. 3. В данном случае дополнительным аргументом применения русел сложного сечения является уменьшение ширины и глубины русла и создание возможности проведения земляных работ экскаватором с берегов, т.е. соблюдения технического требования  $L < R$ , где  $L$  – расстояние от оси экскаватора до оси русла;  $R$  – максимальный радиус копания экскаватора.



**Рис. 3. Создание сложного поперечного сечения русла с использованием экскаватора (категория водотока 2 и 3, тип участка I)**

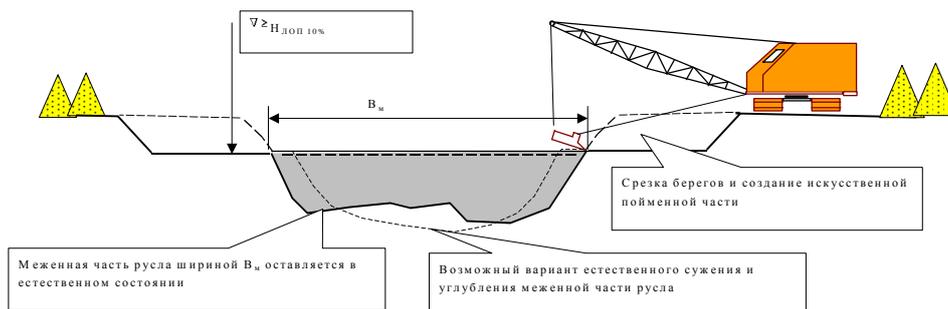
На участках II типа наиболее целесообразным вариантом их реконструкции является применение стационарных струнаправляющих систем с созданием русел сложного сечения. Вариант такой конструкции и методика его расчета приводится в [7].

На участках III типа, когда в силу сложившихся обстоятельств динамическая устойчивость русла нарушилась, и его форма изменилась в направлении увеличения ширины и уменьшения глубины, восстановление проектных параметров русла имеющимися средствами механизации технически невыполнимо.

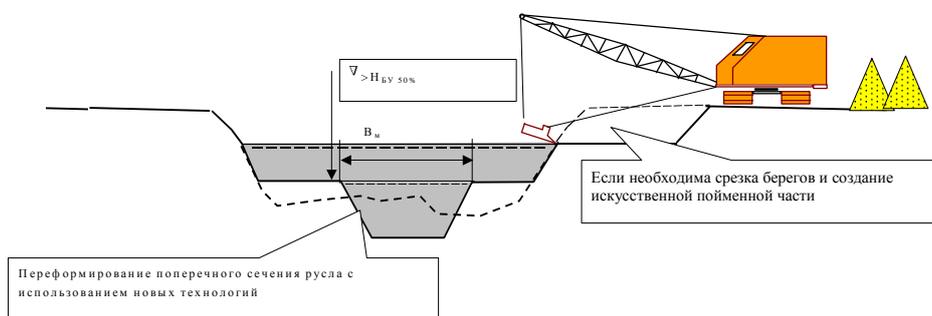
Для таких участков в случаях, когда требуется увеличение пропускной способности русла, наиболее оптимальный вариант (рис. 4) – оставлять меженную часть русла в естественном состоянии, а пропускную способность увеличивать за счет срезки берегов и создания искусственной пойменной части.

Увеличение пропускной способности русла реки-водоприемника за счет создания искусственной пойменной части не снимает проблем, связанных с подпорами в проводящей сети, вызванными повышением дна водоприемника. Учитывая недостаток и высокую стоимость энергоресурсов в Республике Беларусь, а также предвидя усугубление этой проблемы в будущем (по данным ООН природное топливо становится все дороже и близко время его исчерпания), представляется возможным использовать ресурсы «малой» и «возобновляемой» энергетики непосредственно на месте проведения земляных работ. Предлагается технология, предусматривающая переформирование простых распластанных русел в русла сложной формы за счет использования энергии потока (рис. 5) с применением нового способа углубления русла, который разработан в настоящее время с участием автора [8, 9]. В обоих последних вариантах прогнозируется, что в течение 2-3 лет произойдет закрепление пойменной части растительностью и русло примет динамически устойчивые параметры.

Анализ применяемых технологий подчистки русел позволяет сделать вывод, что в сложившихся условиях необходимо применение энергосберегающих способов по реализации мероприятий, направленных на стабилизацию руслового режима на участках, подверженных переформированию русла. К таким способам относятся способы с применением стационар-



**Рис. 4. Создание сложного поперечного сечения русла с использованием экскаватора (категория водотока 2 и 3; тип участка I)**



**Рис. 5. Углубление русла с применением новых энергосберегающих технологий (категория водотока 3, тип участка II и III)**

ных и передвижных русловыправительных сооружений. Данный способ в условиях Республики Беларусь на практике широко не применялся, однако при реконструкции некоторых участков рек-водоприемников с распластанными руслами являются актуальными варианты их переустройства в русла сложной формы при применении новых энергосберегающих технологий. Использование в таких случаях энергии потока на переформирование поперечного сечения русла до оптимальных параметров позволяет снизить энергозатраты до 50%, по сравнению с технологиями, используемыми в настоящее время, в частности, подчистки русла экскаваторами или земснарядами. В некоторых случаях такой способ является единственно возможным. Отпадет необходимость выемки грунта из воды, значительно уменьшатся объемы вынимаемого грунта и объемы разравнивания. Однако для широкого практического применения предложенной технологии требуются разработка и внедрение новых водорегулирующих конструкций (механизмов) типа передвижных струенаправляющих щитов.

### **Вывод**

Приведенная краткая характеристика технологических приемов по ремонту и реконструкции трансформированных участков рек-водоприемников и проводящих каналов подтверждает актуальность формирования русел сложной формы и применения новых энергосберегающих технологий их реализации, направленных на восстановление или улучшение руслового и водного режимов в руслах открытой проводящей сети.

**Литература**

1. Карнаухов В.Н. Инженерные мероприятия по улучшению водного и руслового режимов рек-водоприемников и их экологическая безопасность. // Экологические проблемы мелиорации: Материалы международной конференции, посвященной 115 летию со дня рождения А.Н. Костякова. ВНИИГиМ. – М.: Изд. УПК "Федоровец", 2002. – С. 337-338.
2. Карнаухов В.Н. Заилнение рек-водоприемников и предложения по их реконструкции // Актуальные проблемы технической эксплуатации и эффективного использования мелиоративных систем, водохозяйственных объектов и инженерного обустройства сельских территорий: Материалы международной научно-практической конференции. Горки 21-22 декабря 2002 г. – Горки, 2003. – С. 11-14.
3. Михневич Э.И. Устойчивость русл открытых водотоков. – Мн.: Ураджай, 1988. – 240 с.
4. Карнаухов В.Н. Обвалование и создание русел сложного сечения рек-водоприемников при защите пойменных земель от затопления: Автореф. дис. канд. техн. наук. БелНИИМиВХ. – Мн., 1988. – 22 с.
5. Карнаухов В.Н. Метод расчета кривой свободной поверхности воды в руслах сложного сечения в условиях неравномерного установившегося режима движения жидкости с переменной массой // Мелиорация и охрана окружающей среды. – Мн., 1989. – С. 112-123.
6. Карнаухов В.Н., Щеголютина Г.В. Конструкция отстойника наносов, устраиваемого на повороте канала. // Мелиорация переувлажненных земель. Сб. науч. работ БелНИИМиЛ. Т. XLVI. – 1999. – С. 64-76.
7. Карнаухов В.Н. Способы обеспечения устойчивости русел на поворотах // Мелиорация переувлажненных земель. Сб. науч. работ БелНИИМиЛ. Т. 50, 2003. – С. 37-47.
8. Карнаухов В.Н. Приемы по управлению гидравлическим и русловым режимами рек-водоприемников с учетом требований охраны природы. // Мелиорация переувлажненных земель. Сб. науч. работ БелНИИМиЛ. Т. XLVIII. – 2001. – С. 122-131.
9. Карнаухов В.Н. Результаты математического и физического моделирования способа углубления рек // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №2(52). – С. 53-70.

**Summary**

***Karnauhov V. WATER INTAKING RIVERS AND SPENDING CHANNELS RIVER BEDS REPAIR AND RECONSTRUCTION WAYS***

Researches analysis results for meliorative systems channels spending network transformation are presented. On the basis of the analysis sites it is proposed to divide all channel sections, being in unsatisfactory condition, into three types. Each of types is characterized by identical kinds of washout or silting deformations and identical types of channel forming process. As threshold limits, safe regarding the condition of channel deformations development in the open spending network, it is offered to accept the characteristic stages of deposits movement for each of three water-currents categories, grouped by the use and calculated flows passing hydraulic mode. According to the presented ordering base positions of actions appointment on channel and hydraulic regimes for water intaking rivers and spending channels management and concrete actions on their regulation are offered.

*Поступила 16 марта 2006 г.*