

УДК 556.53:626.34

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В РУСЛООТВОДНЫХ КАНАЛАХ ПРИ ВВОДЕ ИХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.

Сообщение 1. Проблемы, возникающие при применении
известных методик расчета расходов воды в руслоотводных каналах

© 2011 г. С.Г. Косарев

*Восточный филиал ФГУП «Российский научно-исследовательский институт
комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Чита*

Ключевые слова: поэтапная промывка руслоотводных каналов, неразмывающая скорость, расход воды, несвязный грунт, взвешенные вещества.



В сообщении рассматривается применение поэтапной промывки руслоотводных каналов как одного из способов защиты природных водных объектов от загрязнения взвешенными веществами. Рассмотрены существующие методики назначения расходов воды в руслоотводных каналах при поэтапной промывке, отмечены недостатки этих методик и определены задачи дальнейших исследований по их усовершенствованию, что позволит обеспечить соблюдение нормативов допустимого сброса взвешенных веществ в водные объекты для руслоотводных каналов различного назначения, проложенных в несвязных грунтах.

Введение

Добыча полезных ископаемых часто осуществляется на поймах рек, а также под их руслами. При добыче полезных ископаемых под руслами рек требуется отвод реки от месторождения руслоотводным каналом. Такие каналы проектируют из условия равенства средней скорости течения в канале при расчетном расходе и неразмывающей скорости, определенной в соответствии с [1]. Это, с одной стороны, подразумевает отсутствие деформаций в таком канале, а с другой — минимизирует объемы земляных работ.

Поскольку природные грунты чаще всего неоднородны по гранулометрическому составу [2], то становится очевидным, что в канале, про-

Водное хозяйство России № 2, 2011

Водное хозяйство России

ложенном в несвязном грунте и рассчитанном на неразмывающую скорость по среднему диаметру d_{cp} , отдельные частицы грунта, диаметром менее d_{cp} , могут перемещаться потоком, а самые мелкие из них способны перейти во взвешенное состояние. Вследствие этого, как показывает практика и теоретические исследования [3], содержание взвешенных частиц в русле реки в начальный период эксплуатации канала может превышать предельно-допустимую концентрацию (ПДК). Продолжительность этого периода иногда достигает значительных величин.

Повышенная мутность потока в реке при вводе в эксплуатацию руслоотводных каналов существенно отличается от повышенной мутности в период паводков. При паводках увеличение мутности потока происходит достаточно плавно по мере увеличения водности потока. При этом популяции рыб перемещаются в затопливаемые в это время старицы, озерки и пр., где мутность значительно ниже вследствие меньших скоростей течения. По мере спада паводков рыбы перемещаются в естественную среду своего обитания.

Вынос же взвешенных веществ из руслоотводных каналов на начальном этапе их эксплуатации является залповым и не связанным с повышенной водностью водотока, что лишает рыб мест их обычного обитания, описанных в предыдущем случае.

Таким образом, при вводе в эксплуатацию руслоотводных каналов наблюдается повышенное содержание взвешенных веществ в водотоке, поэтому точный расчет режима поэтапной промывки для таких периодов с целью обеспечения нормативов допустимого сброса (НДС) по взвешенным веществам является важной научной задачей, еще не решенной до конца к настоящему времени.

Поэтапная промывка руслоотводных каналов

В качестве одного из способов защиты природных водных объектов от загрязнения взвешенными веществами при вводе в эксплуатацию руслоотводных каналов предложена его поэтапная промывка [3—5].

Суть данного способа состоит в том, что расход воды в руслоотводном канале в период его заполнения увеличивается постепенно таким образом, чтобы в контрольном створе водотока обеспечивался норматив качества воды по взвешенным веществам за счет разбавления загрязненных вод руслоотводного канала основным потоком реки.

Очевидно, что при пропуске по каналу ограниченной длины некоторого постоянного расхода в условиях неразмывающей скорости (недеформируемый канал) мутность потока в конце канала с течением времени будет падать, т. к. количество взвешенных частиц, которые могут

поступить в поток из канала, ограничено. По мере уменьшения мутности потока в конце канала расход в последнем можно несколько увеличить. Следовательно, постепенное увеличение расхода воды в руслоотводном канале (поэтапная промывка) позволяет поддерживать качество воды водотока в пределах ПДК.

В предлагаемом авторами [5] способе регулирования расходов воды и концентраций взвешенных частиц в руслоотводном канале (поэтапная промывка) не учтен механизм насыщения потока взвешенными веществами по длине канала, поэтому невозможно определить объем вынесенных из канала взвешенных частиц и, как следствие, время его промывки — как общее, так и на каждом отдельном этапе. Расход воды в руслоотводном канале на каждом этапе предлагается назначать непосредственно в процессе эксплуатации по результатам химических анализов из условия соблюдения ПДК взвешенных веществ в контрольном створе. Но такой подход невозможен на стадии проектирования, поскольку необходимо заранее определить общее время промывки канала, которое при определенных условиях (значительная длина канала, его размеры, гранулометрический состав грунта, слагающих ложе канала и пр.) может составить достаточно продолжительный период. К тому же, если время промывки не удовлетворяет эксплуатирующую данный объект организацию, то для предотвращения загрязнения водного объекта взвешенными веществами можно устроить в конце канала отстойник, выполнить крепление ложа канала более крупными фракциями или предусмотреть другие технические приемы для изменения времени промывки.

Методика, предлагаемая в работах [3, 4], лишена такого недостатка и позволяет еще на стадии проектирования оценить возможность применения данного способа защиты водных объектов от загрязнения взвешенными веществами. При этом приняты следующие допущения:

1. В контрольном створе водотока после слияния его с руслоотводным каналом выполняется условие полного перемешивания взвешенных веществ.

2. Толщина так называемого *активного* или *подвижного* слоя наносов, слагающего канал, из которого возможен вынос взвешенных частиц, соответствует среднему диаметру частиц грунта d_{cp} (при расчетной скорости течения, равной неразмывающей, и соответствующей расчетному расходу).

3. На каждом этапе по всему смоченному периметру из слоя толщиной d_{cp} вымываются все частицы диаметром равным и менее $d_{взв}$.

Тогда, для каналов треугольного и гидравлически наиболее выгоднейшего трапецеидального поперечных сечений с коэффициентом заложения

откосов m , равным от 2 до 3, проложенных в несвязных грунтах при расчетном расходе $Q_{\text{расч}}$, соответствующем неразмывающей скорости, расход воды в руслоотводном канале на каждом j -ом этапе может быть определен из зависимости:

$$Q_j = Q_{\text{расч}} \cdot \left(\frac{\sum T_j}{T_{\text{пром}}} \right)^{2,6} \quad (2)$$

где $T_{\text{пром}}$ — общее время промывки канала, определяемое по формуле:

$$T_{\text{пром}} = \frac{\chi \cdot l \cdot d_{\text{ср}} \cdot P_{\text{взв}} \cdot \rho_{\text{нан}}}{Q_{\text{расч}} \cdot C_{\text{доп}}}, \quad (3)$$

$\sum T_j$ — время промывки нарастающим итогом, с;

χ и l — смоченный периметр и длина канала, м;

$d_{\text{ср}}$ — средний диаметр частиц слагающего канал грунта, м;

$\rho_{\text{нан}}$ — плотность грунта в отложениях, кг/м³;

$P_{\text{взв}}$ — содержание частиц по весу (в долях от единицы) диаметром менее $d_{\text{взв}}$, определяется по кривой гранулометрического состава грунта, слагающего канал.

Числитель формулы (3) представляет собой массу частиц, выносимых потоком из канала во взвешенном состоянии.

Диаметр взвешенных частиц $d_{\text{взв}}$ определяется по гидравлической крупности частиц $W_{\text{взв}}$, способных перемещаться во взвешенном состоянии, из соотношения [6]:

$$W_{\text{взв}} = U_* / 1,7, \quad (4)$$

где U_* — динамическая скорость, соответствующая расчетному расходу $Q_{\text{расч}}$.

При определении зависимости (2) насыщение потока по длине взвешенными веществами в канале длиной l на каждом j -ом этапе вычислялось по формуле А.В. Караушева [7]:

$$S_j = S_{\text{мпj}} + (S_{\text{нач}} - S_{\text{мпj}}) \cdot \exp \left(- \frac{B_j (W + k)}{Q_j} K_j l \right), \quad (5)$$

с введением в нее поправочного коэффициента K_j , равного

$$K_j = \frac{\chi_j - \chi_{j-1}}{\chi_j}. \quad (6)$$

Поправочный коэффициент может быть охарактеризован как показатель, корректирующий длину канала, т. к. при уменьшении площади, с которой происходит вынос взвешенных частиц, увеличивается длина участка насыщения.

В формуле (5) приняты следующие обозначения:

$S_{mрj}$ — транспортирующая способность потока на данном этапе промывки канала, кг/м³;

$S_{нач}$ и S_j — мутность потока в начале и конце канала, кг/м³;

B_j — ширина потока по верху, м;

W — средняя гидравлическая крупность взвешенных частиц, м/с;

k — параметр с размерностью скорости;

Q_j — расход в канале на данном этапе, м³/с.

В работах [3, 4] можно отметить следующие недостатки:

1. Параметры руслоотводного канала определяются исходя из пропусков по нему расчетного максимального расхода воды, назначаемого в соответствии с [8]. Для этого расхода определяется и время промывки канала. Данное положение не всегда является адекватным.

В процессе промывки для обеспечения предельно допустимой концентрации по взвешенным веществам в месте слияния потоков канала и реки необходимо оперировать действительным расходом в реке или расходом, определенным в соответствии с п. 77, 78 методики [9], определяющих основные требования при выборе расчетных количественных условий расчетного стока и предлагающих стандартные процедуры их выбора. Действительный расход водотока, или расход, определенный по [9], зачастую гораздо меньше назначаемого в [8], поэтому, в соответствии с формулой (3), должно увеличиться и время промывки канала. Расчет промывки на расчетный расход, определенный по предлагаемой авторами [3, 4] методике, в ряде случаев приводит к превышению нормативов допустимого сброса.

2. Необходимо также учитывать при расчете, что с увеличением расхода увеличивается и динамическая скорость потока. В соответствии с формулой (4), на каждом последующем этапе, по мере увеличения расхода воды в канале, должна увеличиваться и крупность частиц, способных перейти во взвешенное состояние. Допущение 3, принятое в [3, 4], приводит к некоторому увеличению времени начальных этапов промывки и уменьшению последующих, поэтому концентрации взвешенных веществ на начальных этапах получаются ниже предельно допустимых, а на последующих — выше.

Заключение

Рассмотренные выше методики назначения расходов воды в руслоотводных каналах при их поэтапной промывке позволили сделать следующие выводы:

1. В способе регулирования расходов воды и концентраций взвешенных частиц в руслоотводном канале, изложенном в [5], не учтен механизм насыщения потока взвешенными веществами по длине канала. Поэтому, расход воды в руслоотводном канале на каждом этапе его промывки предлагается назначать непосредственно в процессе эксплуатации по результатам химических анализов, что делает невозможным его применение на стадии проектирования.

2. Методика расчета режима поэтапной промывки, предложенная в [3, 4], имеет ряд допущений и не всегда обеспечивает соблюдение нормативов допустимого сброса взвешенных веществ в водные объекты на конечных этапах промывки.

Для уточнения зависимостей, предложенных авторами [3, 4], необходимо:

— определить диаметр частиц ($d_{взв}$), способных перемещаться потоком во взвешенном состоянии на каждом этапе промывки канала, и их массу;

— модернизировать зависимость (2) для регулирования концентрации взвешенных веществ в руслоотводных каналах при вводе их в эксплуатацию, что позволит обеспечить нормативы допустимого сброса в контрольном створе водотока.

Решение поставленных задач будет приведено автором в сообщении 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.06.03—85. Мелиоративные системы и сооружения.
2. ГОСТ 25100—1995. Грунты. Классификация. М., 1995. 43 с.
3. Косарев С.Г., Манилюк Т.А. Методика расчета поэтапной промывки руслоотводного канала // Водные ресурсы и водопользование: сб. науч. тр. Екатеринбург: 2003. С. 64—68.
4. Манилюк Т.А. Защита природных водных объектов от загрязнения взвешенными веществами при вводе в эксплуатацию земляных руслоотводных каналов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2007. 20 с.
5. Пат. 2334841 РФ, МПК⁷ E02B 3/02 (2006.01). Способ регулирования расходов воды и концентраций взвешенных частиц в руслоотводном канале / Каргапольцев С.К., Коннов В.И.; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Иркутский государственный университет путей сообщения. № 2006126301/03(028539); заявл. 19.07.06; опубл. 27.09.08, Бюл. № 27. 10 с.
6. Гидравлические расчеты водосборных гидротехнических сооружений: Справочное пособие / под ред. А.Б. Векслера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 624 с.

7. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 272 с.
8. СНиП 33—01—2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.
9. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей: Утверждены Приказом МПР России от 17 декабря 2007 г. № 333.

Сведения об авторе:

Косарев Сергей Геннадьевич к. т. н., доцент, руководитель направления русловых процессов Восточного филиала ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов (ВостокНИИВХ), 672039, г. Чита-39, ул. Алекзаводская, 30; e-mail: kosarevsg@mail.ru