

**ОПЕРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛОВ**

УДК 626.01.004.6

Гурин Константин Георгиевич

Старший научный сотрудник Института безопасности гидротехнических сооружений, г.Новочеркасск, Ростовская область, кандидат технических наук, доцент

Волосухин Яков Викторович

Заместитель директора Института безопасности гидротехнических сооружений, г.Новочеркасск, Ростовская область

На основании проведенных натурных исследований [1,2]левой Ветви Правоегорлыкского канала (ПЕК) в сентябре 2008 года нами дана оценка времени сброса и длины распространения расхода из левой ветви ПЕК при возникновении аварийных ситуаций. В состав натурных исследований входили:

- оценка современного состояния канала;
- оценка изменений пропускной способности в процессе длительной эксплуатации (50 лет);
- оценка времени сброса воды из левой ветви ПЕК при возникновении аварийных ситуаций;
- уточнение пропускной способности канала;
- оценка значений шероховатости канала в условиях длительной эксплуатации;
- разработка на основании проведенных исследований рекомендаций по безопасной эксплуатации левой ветви Правоегорлыкского канала.

Основные параметры канала: общая длина 270 км; максимальный расход 17,5 м³/с; проектный уклон канала $i=0,0002$; поперечное сечение канала трапециевидальное с заложением откосов $m=1:1,5$.

На магистральных каналах может произойти ряд аварийных ситуаций, которые могут привести к сокращению или прекращению подачи воды потребителю. Например, если при орошении прекратить подачу воды на поля, то земли могут считаться богарными.

Аварийные ситуации подразделяются на несколько взаимосвязанных групп:

- размывы откосов, особенно в насыпях;
- аварии, связанные с такими неблагоприятными фильтрационными явлениями, как возникновение суффозионных воронок, прососов, сосредоточение очагов фильтрации, просадки ложа каналов и др.;
- сильное оползание, подсечки откосов под воздействием волновых, ветровых и других явлений;
- переливы воды через бровки канала при паводковых дождях, при сильной боковой приточности, когда ливневые трубы не справляются

с пропуском больших паводковых расходов с замыкаемых каналами водосборных площадей;

- переливы воды через бровки заросшего или заиленного канала при максимальных и форсированных расходах, так как при сильном зарастании или заилинии канал не способен пропустить заданные расходы.

При авариях, связанных с прорывами, если своевременно не сбросить расход воды в канале, то произойдет затопление большой прилегающей территории, что принесет большой экономический и экологический ущерб и человеческие жертвы.

Для опорожнения канала в случае возникновения аварий проектировщиками предусмотрены катастрофические сбросы в виде консольных быстотоков, которые сооружены в верховьях рек Малый Гок, Тахта, Кевсала и Большая Джалга.

Консольный сброс в реку Малый Гок находится на ПК 559+63, его максимальный проектный расход $24 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальный проектный расход сброса в реку Тахта, который находится на ПК 1193+25, составляет $15,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальный проектный расход консольного сброса в реку Кевсала, который находится на ПК 1811+00, составляет $11,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальный проектный расход сброса в реку Большая Джалга, который находится на ПК 2198+00, составляет $9,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

При максимальном расходе в голове канала $17,5 \text{ м}^3/\text{с}$ существующие сбросы должны пропускать весь расход канала с вышележащих участков.

Однако при проведении натурных исследований данных сооружений и из опыта эксплуатации следует, что реальная пропускная способность данных консольных сбросов составляет $6 \text{ м}^3/\text{с}$ каждый. При увеличении расходов в нижней части сбросов поток «вспухает» вследствие аэрации, происходит перелив потока, через стенки лотка вызывая сильные размывы, у опор и стенок лотка. Исходя из этого служба эксплуатации канала не дает расходы более $6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Исходя из этих условий, а также пользуясь рекомендациями по опорожнению и наполнению каналов [7], которые гласят, что для каналов интервал между отдельными попусками или сокращениями поступления не должен превышать двух часов, а единовременное изменение расхода для каналов с расходами до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ не должно превышать 10% расхода, с расходов более $10 \text{ м}^3/\text{с}$ – 5% расхода, разработан график сработки расхода во времени и по длине канала.

Период во время поливов сельскохозяйственных культур и забора воды на водоснабжение назовем «условно вегетационный период», здесь примем допущение о том, что в этот период все водовыделы по длине канала забирают свой максимальный расход. Если же во время возникновения аварии орошаемые земли оказались политыми, то этот период уже будем относить к «невегетационному периоду». Осень и весна также являются «невегетационным периодом».

Предотвращение аварий зданий и сооружений

В соответствии с этим было разработано два вида графиков.

Графики разработаны на самый неблагоприятный случай – случай максимального расхода ($17,5 \text{ м}^3/\text{с}$). Длина канала 270 км разбита на 5 участков (отсеков) между четырьмя сбросами, которые забирают реальные $6 \text{ м}^3/\text{с}$, по 10% расхода за два часа:

- Первый участок (от ПК 0 до ПК 559+63) – от головного участка до сброса в реку Малый Гок.
- Второй участок (от ПК 559+63 до ПК 1193+25) – от сброса в реку Малый Гок до сброса в реку Тахта.
- Третий участок (от ПК 1193+25 до ПК 1811+00) – от сброса в реку Тахта до сброса в реку Кевсала.
- Четвертый участок (от ПК 1811+00 до ПК 2198+00) – от сброса в реку Кевсала до сброса в реку Большая Джалга.
- Пятый участок (от ПК 2198+00 до ПК 2698+50) – от сброса в реку Большая Джалга до конечного сброса в реку Калаус.

В статье приведены графики и таблицы для наиболее неблагоприятного «невегетационного периода».

Таблица 1

Изменение расхода по длине канала на первом участке от ПК 00
в «невегетационный период»

Время	Длина распространения расхода по каналу	Суммарное увеличение забора расхода по длине	Уменьшение расхода по длине
1) Сброс в балку Малый Гок $Q=6,125 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=2^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=4^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=6^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=7^{00} Q=0,875 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК 559+63	$Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=3,50 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=5,25 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=6,125 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=15,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=14,00 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=12,25 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=11,38 \text{ м}^3/\text{с}$
2) Сброс в балку Тахта $Q=6,125 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=9^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=11^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=13^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=14^{00} Q=0,875 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК 1193+25	$Q=7,875 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=9,625 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=11,38 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=12,20 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=9,63 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=7,88 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=6,12 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=5,3 \text{ м}^3/\text{с}$
3) Сброс в балку Кевсала $Q=5,3 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=16^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=18^{00} Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=20^{00} Q=1,8 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК 1811+00	$Q=13,95 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=15,70 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=17,50 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=3,55 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=1,80 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=0,0 \text{ м}^3/\text{с}$

Предотвращение аварий зданий и сооружений

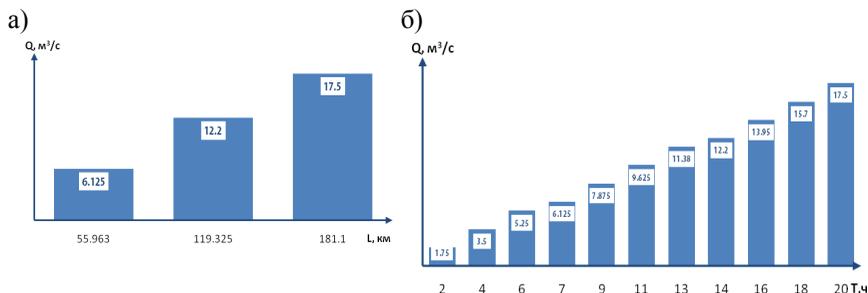


Рис. 1. График суммарного увеличения забора расхода по длине (а) и гидрограф суммарного увеличения забора расхода (б) на участке от головного участка до сброса в реку Малый Гок

Максимальный расход на первом участке (от ПК 0 до ПК 559+63) из условий безопасного снижения уровня воды в канале можно сбросить за 20 часов на длине 181 км (рис.1).

Таблица 2

Изменение расхода по длине канала на втором участке от ПК 559+63 в «невегетационный период»

Время	Длина распространения расхода по каналу	Суммарное увеличение забора расхода по длине	Уменьшение расхода по длине
1) Сброс в балку Тахта $Q=6,125 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=2^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=4^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=6^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=7^{00} \text{ } Q=0,875 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК 1193+25	$Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=3,50 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=5,25 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=6,125 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=15,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=14,00 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=12,25 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=11,38 \text{ м}^3/\text{с}$
2) Сброс в балку Кевсала $Q = 6,125 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=9^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=11^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=13^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=14^{00} \text{ } Q=0,875 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК 1811+00	$Q=7,875 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=9,625 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=11,38 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=12,25 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=9,63 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=7,875 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=6,12 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=5,25 \text{ м}^3/\text{с}$
3) Сброс в балку Б.Джалга $Q=5,25 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=16^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=18^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $T=20^{00} \text{ } Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$	ПК2198+00	$Q=14,00 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=15,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=17,5 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q=3,5 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=0,0 \text{ м}^3/\text{с}$

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Максимальный расход на втором участке (от ПК 559+63 до ПК 1193+25) из условий безопасного снижения уровня воды в канале можно сбросить за 20 часов на длине от 119 до 220 км (рис.2).

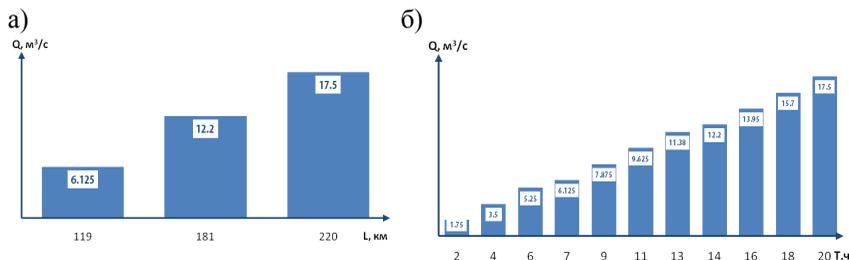


Рис. 2. График суммарного увеличения забора расхода по длине (а) и гидрограф суммарного увеличения забора расхода (б) на участке от сброса в реку Малый Гок до сброса в реку Тахта

Таблица 3

Изменение расхода по длине канала на третьем участке от ПК 1193+25 в «невегетационный период»

Время	Длина распространения расхода по каналу	Суммарное увеличение забора расхода по длине	Уменьшение расхода по длине
1) Сброс в балку Кевсала Q=6,125 м³/с T=2 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=4 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=6 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=7 ⁰⁰ Q=0,875 м³/с	ПК 1811+00	Q=1,75 м³/с Q=3,5 м³/с Q=5,25 м³/с Q=6,125 м³/с	Q=15,75 м³/с Q=14,0 м³/с Q=12,25 м³/с Q=11,38 м³/с
2) Сброс в балку Б.Джалга Q=6,125 м³/с T=9 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=11 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=13 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=14 ⁰⁰ Q=0,875 м³/с	ПК2198+00	Q=7,875 м³/с Q=9,625 м³/с Q=11,375 м³/с Q=12,25 м³/с	Q=9,63 м³/с Q=7,88 м³/с Q=6,125 м³/с Q=5,25 м³/с
3) Концевой сброс в р.Калаус Q=5,0 м³/с T=16 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=18 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=20 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с	ПК 2698+50	Q=14,00 м³/с Q=15,75 м³/с Q=17,50 м³/с	Q=3,5 м³/с Q=1,75 м³/с Q=0,0 м³/с

Максимальный расход на третьем участке (от ПК 1193+25 до ПК 1811+00) из условий безопасного снижения уровня воды в канале можно сбросить за 20 часов на длине от 181 до 270 км (рис.3).

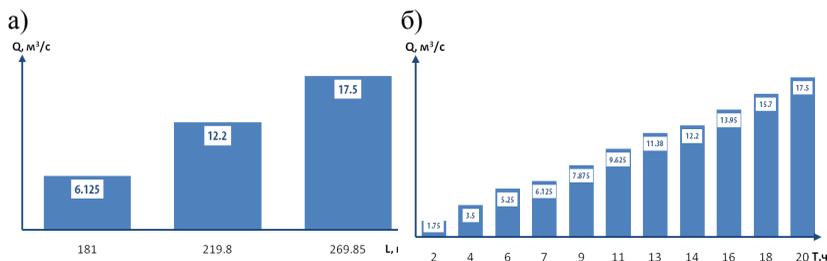


Рис. 3. График суммарного увеличения забора расхода по длине (а) и гидрограф суммарного увеличения забора расхода (б) на участке от сброса в реку Тахта до сброса в реку Кевсала

Таблица 4
Изменение расхода по длине канала на четвертом участке от ПК 1811+00 в «невегетационный период»

Время	Длина распространения расхода по каналу	Суммарное увеличение забора расхода по длине	Уменьшение расхода по длине
1) Сброс в балку Б.Джалга Q=6,125 м³/с T=2 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=4 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=4 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=7 ⁰⁰ Q=0,875 м³/с	ПК2198+00	Q=1,75 м³/с Q=3,50 м³/с Q=5,25 м³/с Q=6,125 м³/с	Q=15,75 м³/с Q=14,0 м³/с Q=12,25 м³/с Q=11,38 м³/с
2) Сброс в реку Калаус Q=5,2 м³/с T=9 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=11 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с T=13 ⁰⁰ Q=1,75 м³/с	ПК2698+50	Q=7,875 м³/с Q=9,625 м³/с Q=11,38 м³/с	Q=9,63 м³/с Q=7,87 м³/с Q=6,12 м³/с

Расход величиной $Q=11,38 \text{ м}^3/\text{с}$ на данном участке, из условий безопасного снижения уровня воды в канале, можно сбросить за 13 часов на длине от 219,800 до 270 км (рис.4). В условиях невегетационного периода (весна, осень) на данном участке канала существуют только два сброса, через которые можно сбросить только $11,38 \text{ м}^3/\text{с}$. Но по натурным данным расходы канала за ПК 1811+00 обычно не превышают этого значения.

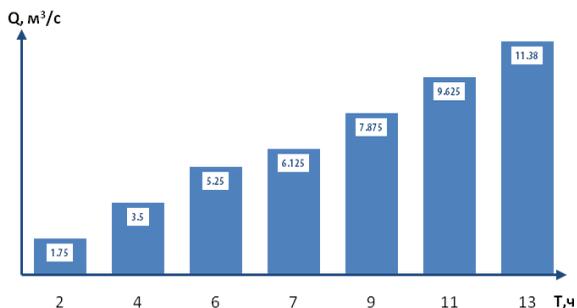


Рис. 4. Гидрограф суммарного увеличения забора расхода

Пятый участок за ПК 2198+00 до ПК 2698+50 (до конечного сброса в реку Калаус) рассматривать не имеет смысла, так как максимальный расход $17,5 \text{ м}^3/\text{с}$ здесь сбросить невозможно.

В невегетационный период через конечной быстроток можно сбросить $5,2 \text{ м}^3/\text{с}$ за 6 часов. Из опыта эксплуатации, на этом участке расходы не превышают $5,2 \text{ м}^3/\text{с}$.

Все вышеприведенные мероприятия рассчитаны на максимальный расход $17,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Согласно требованиям СНиП, работу канала еще следует проверять при форсированном расходе.

В случаелевой ветви Правоегорлыкского канала, принимаем коэффициент форсировки 1,1. Форсированный расход будет равен:

$$Q_{\text{форс}} = k_{\text{форс}} Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot 17,5 = 19,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Нами проведены расчеты по разработке графика забора расхода во времени и по длине канала при форсированном расходе, в результате которых установлено, что время сброски форсированного расхода будет на 2 часа больше на каждом участке.

Однако, согласно требованиям СНиП, для предотвращения оползания откосов из-за обратной фильтрации уровень необходимо снижать на 0,15-0,20 метра в сутки. Так как в среднем глубина воды в канале при максимальном расходе составляет 2,1 метра, весь расход можно сбросить за 10,5 суток, что неприемлемо при возникновении аварийной ситуации. За такое время на любом из пяти рассматриваемых участков расход можно сбросить через катастрофические сбросы в конце участков. Отметим, что все предложенные мероприятия по снижению и сбросу расхода будут выполнены только при четкой и слаженной работе служб эксплуатации канала. Большая ответственность при проведении данных мероприятий ложится на диспетчерскую службу управления эксплуатации канала и смотрителей канала, для чего последние должны быть оснащены современными средствами связи. Все гидротехнические сооружения, в частности, консольные сбросы, а также водовыделы должны находиться в удов-

летворительном состоянии. Особое внимание следует уделить состоянию затворов сооружений. Необходимо, чтобы они находились в работоспособном состоянии.

На основании проведенных натурных исследований [1, 2, 5], рассмотрим рекомендации по безопасной эксплуатации каналов.

Эксплуатационные работы по содержанию канала состоят из наблюдений за состоянием канала, охраны его от повреждений, а также из проведения текущего, капитального и аварийного ремонтов. Наблюдение за состоянием канала, охрану и текущий ремонт проводят штатные работники системы охраны, смотрители, ремонтные бригады. Капитальный и аварийный ремонты каналов и русел выполняют специализированные ремонтные бригады, а также организации по договорам с системным управлением.

Безопасная эксплуатация канала определяется состоянием его пропускной способности и скоростями движения. Под нормальным состоянием магистрального канала следует понимать такое его состояние, когда при установленных отметках его нормального наполнения вода проходит со скоростями и расходами, соответствующими наполнению (указанными в паспорте канала), вода движется равномерно без видимых отклонений динамической оси потока от оси канала, внутренние и наружные размеры канала, а также уклоны соответствуют его габаритам, ложе канала очищено от посторонних предметов, наносов и не зарастает.

Так как в основном крупные каналы относятся к статически устойчивым, в их руслах скорости течения воды не должны превышать неразмывающие скорости, что обеспечивает стабильность русла канала. Однако, следует иметь ввиду, что при эксплуатации таких каналов незначительные деформации русла возможны, особенно на необлицованных участках, и необходимо избежать их нежелательное развитие.

Рассмотрим виды аварийных ситуаций, возникающих в каналах с земляным руслом:

- оползни (подсечки) и обрушения откосовразмывы откосов и отложения откосов в виде кос;
- зарастание каналов;
- просадки ложа каналов;
- оползневые явления с низовых откосов дамб;
- просадка дамб;
- выпучивание грунта с низовой стороны дамбы;
- прососы дамб;
- деформация участков сопряжения земляных дамб с подпорными стенками;
- деформация продольного профиля канала;

Далее рассмотрим меры борьбы с данными явлениями.

При оползнях и обрушениях откосов резко снижается пропускная способность канала. Оползни происходят на участках с неправильно заложёнными (крутыми) откосами, а также на грунтах, предрасположенных к оползанию (торфянистых, пльвунах и др.). Для предохранения канала от оползней и обрушений необходимо, во первых, наружным осмотром и промерами установить участки канала с ненормальным заложением откосов и берм; во вторых, наружным осмотром с опробыванием грунта шупами установить участки, подверженные оползневым явлениям вследствие плохих грунтов (на этих участках шуп легко входит в грунт и легко поворачивается); в третьих, установить за этими участками добавочный надзор, как за надводной, так и за подводной частями канала. Если придать откосам более пологую форму и устроить добавочные бермы в глубоких выемках, можно в значительной степени предохранить канал от обрушений. При более серьезных деформациях, кроме проведения указанных выше мер, можно закреплять откосы и заменять неустойчивые грунты более устойчивыми.

Размывы откосов и отложения наносов в виде кос происходят из-за неправильного положения динамической оси потока по отношению к оси канала, вызывающего на одном участке размыв берегов, а на другом отложение наносов. Необходимо установить причины, вызвавшие отклонение оси потока от нормального положения (параллельного оси канала и устранить их).

Это достигается более тщательной очисткой и профилировкой участка, подверженного размывам. На поворотах, имеющих радиус закругления менее допустимой величины, необходимо при размывах и отложениях по возможности увеличить его. Если такие работы провести нельзя, необходимо укрепить участки плетнями, обсадкой растительностью, а также устанавливая параллельные разделительные стенки, стационарные направляющие щиты и заграждения для направления потока в нужном направлении. При небольших размерах размыва, не опасных для пропускной способности канала, можно ограничиться только более частой очисткой участка.

Заращение канала – следствие слишком распластанного поперечного сечения, малых скоростей течения и высокой температуры воздуха.

При заращении поперечного сечения земляного участка канала водной растительностью необходимо своевременно удалять ее из канала, регулярно окашивать. Для борьбы с сорной растительностью можно применять различные устройства в зависимости от условий и размеров канала.

Шнековые канавоочистители применяют для отчистки от растительности каналов шириной по урезу от 1,5 до 2,5 м при глубине до 1 м. Работает канавоочиститель от трактора, идущего по берме канала. Быст-

ро вращающийся шнек, опущенный на откос и подошву канала, обрабатывает профиль. Смесь почвы, воды и травы, срезанной шнеком, выбрасывается на берег на расстоянии до четырех метров.

Прицепные орудия для очистки от растительности имеют вид железных рам различной формы, протаскиваемых по дну канала. Наиболее удачная конструкция – V-образная рама с поперечным сечением полосы 100 на 10 мм. К нижней стороне рамы прикреплено зубчатое стальное лезвие сечением 100 на 3 мм. Общий вес орудия около 50 кг. Такими орудиями можно очищать каналы шириной до 2,5 м. Оптимальным углом рамы в вершине считается 30-40°. Сорняки после срезки их под водой сразу же всплывают на поверхность. Чтобы задержать их, устанавливают ниже по течению специальные буны (2-3 ряда проволоки).

Получила также распространение конструкция в виде гусеницы. К гусенице прикрепляется груз (1-2 т), например, клин-баба. Трактор, идущий по берме, тянет за собой гусеницу по откосу, прижимаемую у дна грузом. Так удаляются сорные растения, камыш и кустарники.

Механические косилки. К плоскодонному понтону прикрепляют деревянную раму, на нижнюю часть которой устанавливают режущий аппарат сенокосилки. Нож сенокосилки приводится в движение лодочным мотором. Длина ножа косилки 1,5 м, ширина понтона 1,2 м, длина понтона 7 м.

Сжигание растительности огнеметами и опрыскивателями. Конструкция огнемета представляет собой паяльную лампу больших размеров, поставленную на колеса. Конструкция опрыскивателя состоит из тележки и бака с горючей смесью. К тележке прикреплен в сторону консоль, нижним поясом которой служит труба с отверстиями. Тележка движется по борту канала, горючая смесь из бака подается под давлением в трубу и разбрызгивается. Сжигание производится в два приема. Сначала растительность обжигается у корня, а затем через некоторый промежуток времени сжигаются уже высохшие стебли и одновременно уничтожаются и молодые побеги.

Сжигание растительности является крайней мерой. Наиболее безопасными считаются механические способы очистки.

Обработка растительности в каналах гербицидами неприемлема, так как вода здесь используется на орошение и водоснабжение.

В крупных каналах для борьбы с водной растительностью разводят травоядных рыб (толстолобик, белый амур и т.п.).

Если своевременно не удалить растительность, то значения коэффициентов шероховатости и гидравлического сопротивления резко возрастают и пропускная способность канала резко уменьшается вследствие уменьшения площади поперечного сечения воды. При подаче форсированных расходов воды это может привести к переливу воды через бровки канала и затоплению прилегающей территории.

Просадки ложа каналов – это сплошные продольные просадки, образующиеся в новых каналах, проходящих в грунтах с большой пористостью или подстилаемых недостаточно уплотненными породами. В результате воздействия фильтрационных вод грунты уплотняются, на каналах появляются продольные трещины и все ложе канала опускается. Местные просадки ложа могут быть и на старых каналах, долгое время стоящих без работы, или при пуске воды после зимы. В результате работы землероев (суслики, кроты и др.) грунт также приобретает повышенную пористость и после пуска воды садится. Местные просадки могут быть и на участках, подверженных выщелачиванию, здесь в грунте возникают пустоты иногда значительных размеров, вследствие чего в ложе канала образуются воронки и провалы.

Для ликвидации просадок в новых каналах применяются длительные первоначальные замочки грунта (до 3–6 месяцев) с последующей подсыпкой дамб до проектного профиля. Местные просадки, воронки и провалы можно устранить заполнением пустот жидкими растворами грунта под давлением. Для сравнительно мелких просадок может быть применена глубокая вспашка с последующей прикаткой.

При обнаружении просадочных явлений необходимо своевременно провести ремонтно-восстановительные работы на этих участках. Если при их проведении имеет место некачественное выполнение работ, могут измениться основные гидравлические характеристики: глубины, скорость, относительная ширина канала, смоченный периметр и т.д. При изменении режима движения воды в канале могут возникнуть непредвиденные деформации этого сооружения.

Оползневые явления наиболее опасны с низовой стороны откосов. Неустойчивое состояние обнаруживается зондированием тела дамбы железным шупом, а также по внешнему виду откоса и степени влажности грунта. В дамбу, находящуюся в состоянии, близком к оползанию, метровый шуп уходит легко на всю длину при небольшом нажатии.

Такую дамбу во избежание порыва следует разгрузить от напора воды. Если этого сделать нельзя, необходимо с верховой стороны на участке, откуда ожидается выклинивание напорных вод, наложить большой брезентовый пластырь, а с низовой стороны расчистить дренарующие устройства или дать временную дрена и приступить к ремонту. Ремонт состоит в усилении профиля дамбы, усилении искусственного дренирования, улучшении механического состава грунта, добавлении песка. Только после того, как грунт дамбы потеряет состояние, близкое к текучести, то есть когда лишняя влага из грунта будет отведена и будет обеспечено дальнейшее нормальное состояние дамбы при напоре, брезентовый пластырь можно снять.

Просадка дамбы происходит в результате уплотнения тела сооружения и грунта под ним. Необходимо проследить интенсивность

просадки и выявить причины, вызвавшие ее. Просадка грунта дамбы свидетельствует о наличии в ней пустот, местных выносов и др. Ходы землероев часто являются причинами повышенной пористости грунта. Тщательная зондировка шупами места просадка и отрывка глубоких шурфов позволяет довольно точно установить причины просадок. Ремонт таких участков состоит в наложении большого брезентового пластыря на водный откос на участке, подверженном просадке, и последующей утрамбовке грунта в траншеях, заложенных параллельно гребню дамбы. Если обнаружались глубокие пустоты, их можно заполнить, применить жидкую смесь песка и глины или «тощий» цементный раствор. Просадка грунта под телом дамбы (основания) вследствие его последующего уплотнения, если оно идет равномерно, без образования пустот, требует удлинение периода замочки и последующей подсыпки и подправки дамбы.

Выпучивание грунта с низовой стороны свидетельствует об аварии в основании сооружения, грозящей прорывом. Обнаружить эти явления можно систематическими наблюдениями за состоянием грунта, за дамбой и зондировкой этого участка шупами. Ремонт таких участков сводится к усилению дренирующей способности низовой части, устройству дренажных канав и отводом поверхностных и грунтовых вод за пределы практического влияния фильтрационных напоров (на 100 м и больше от подошвы дамбы). Хорошо действующим дренирующим устройством в этой части сооружения являются древесные посадки. Если не удастся быстро усилить дренирующую способность низовой полосы, необходимо принять меры к снижению уровня воды в канале и усилению подземного контура сооружения (увеличению длины фильтрационного пути под дамбой). Образование пучин под влиянием мороза не свидетельствует о подвижности грунта в основании сооружения.

Прососы дамб обнаруживаются по появлению маленьких струек на низовых откосах или по появлению мокрых сочащихся пятен. Они возникают в результате просачивания воды из канала через ходы землероев, остатки корней и корневищ и через случайные пустоты в теле сооружения. При обнаружении прососа необходимо с помощью небольшой откопки расчистить выход воды и определить направление и характер прососа путем укрепления и обособления выхода, по возможности создать обратный подпор. Далее с верховой стороны нужно взмутить грунт и наложить брезентовый пластырь, двигая им по смоченному откосу до тех пор, пока просачивание не прекратится. После этого расчистить отверстие и уже с низовой стороны заполнить его «тощим» раствором цемента под давлением. Через 5-6 дней после такой закупорки прососа брезентовый пластырь можно снять.

Деформация участков сопряжения земляных дамб с подпорными стенками и устоями сооружений выражается в виде просадок

грунта на сопрягающихся участках, образования пустот в углах и по линии сопряжения, прососов воды. Для ликвидации таких явлений необходимо устранить пустоты, заполняя их грунтом и цементирующими растворами.

Деформация продольного профиля канала может происходить из-за неправильного пуска воды в канал в виде внезапных попусков большими расходами вследствие устройства на каналах временных подпорков без достаточного крепления нижнего бьефа. Из-за такого маневрирования водным потоком вода по каналу движется с большими изменениями в скоростях, что приводит к размыву продольного профиля канала.

Для предотвращения таких явлений затворами на перегораживающих сооружениях в канале необходимо маневрировать так, чтобы не допускать резкого колебания уровней воды или свала потока на берег (в случае открытия крайних пролетов). При несимметричности пуска воды через многопролетные регулирующие сооружения происходит размыв за сливной частью ГТС. Несимметричность обычно сопровождается сбийными течениями потока, энергия которого не гасится в пределах сооружения. Такой поток, поступая в неукрепленное русло, размывает его.

На системе необходимо установить правила пуска воды в каналы (категорически запрещаются внезапные попуски и сбросы) и установить порядок устройства временных перемычек и их возможные типы. Все нарушения профиля канала должны быть устранены (русло канала спланировано). Наиболее опасны внезапные попуски больших расходов.

Необходимо минимизировать амплитуду колебания уровней воды в канале. Если возможны высокие амплитуды колебаний, то при проектировании необходимо предусматривать наличие перегораживающих сооружений как можно чаще по длине канала, в зависимости от условий эксплуатации которые регулируют колебания уровней воды. Такие сооружения (шлюзы-регуляторы и т.д.) позволяют уменьшить влияние волн изменения уровней на продольный профиль и откосы канала.

Также приведем некоторые общие рекомендации по крупным каналам.

Интенсивность наполнения канала не должна превышать 0,15 м/сут. Скорость снижения уровня воды в канале во время спуска во избежание появления на откосах трещин и разрушений должна быть не более 0,15-0,2 м/сут.

При пуске канала в эксплуатацию целесообразно проводить замочку по участкам длиной 1-2 км, отгороженным между собой временными перемычками. В начальный период эксплуатации канала необходим усиленный режим наблюдений за фильтрацией из канала, работой дренажных систем, особенно на участках земляного русла.

Для снижения отложения наносов и развития растительности в каналах нельзя допускать чрезмерно малых скоростей (менее 0,3 м/с) и

продолжительности работы каналов с небольшими наполнениями и расходами воды.

При проведении восстановительных работ на земляных участках необходимо тщательно выдерживать заданное проектное поперечное сечение. При проведении ремонтно-эксплуатационных мероприятий часто имеет место плохое качество выполнения работ, вследствие чего может измениться режим движения воды в канале (измениться скорость, относительная ширина канала, смоченный периметр и т.д.). При изменении режима движения воды в канале могут возникнуть непредвиденные деформации этого сооружения. Такие же требования предъявляются при очистке каналов от наносов. Зачастую вместе с наносами из канала удаляется лишний грунт, что изменяет форму поперечного сечения и изменяет величину заложения откосов.

Для крупных каналов обследование состояния земляного русла необходимо проводить в течение всего года. Особое внимание стоит уделить состоянию русла в весенний период, так как после снеготаяния наблюдается большое количество деформаций.

Большое внимание также стоит уделить состоянию насыпных участков или дамб в канале, так как в них велика вероятность просадки грунта. Такие явления часто могут произойти в местах пересечения каналом балок, где он проходит в высоких насыпях до 15-12 м. Дамбы должны быть укреплены противофильтрационными облицовками, лучше всего применить бетонно-пленочную облицовку, которая еще и предотвратит размыв. При наличии фильтрации, особенно на неукрепленных участках, дамбы проседают. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо вести тщательное наблюдение за состоянием насыпных участков.

Ливнепроемные сооружения, проходящие под каналом, необходимо держать в хорошем состоянии для надежного отвода воды за пределы канала во избежание попадания ливневых вод в сооружение (такие условия характерны длялевой ветви Правоегорлыкского канала, БСК и др., так как, дамбами замыкается множество балок и оврагов, которые несут во время ливней и таяния снегов большой объем воды). Для этого на канале должны быть предусмотрены туннельные ливнепроемные сооружения. Отвод ливневых вод за пределы канала и предотвращение попадания их в канал необходимы, прежде всего, для поддержания высокого качества воды в канале, так как рассматриваемый канал используется для орошения и обводнения значительной площади.

Для поддержания высокого качества воды в канале необходимо исключить попадание в канал песка, снега, камней и других продуктов эрозии. Здесь необходимо предусмотреть наличие лесополос и кустарниковых насаждений, препятствующих попаданию песка в канал.

Для предотвращения ветрового волнения в канале необходимо также предусмотреть наличие лесополос и вести наблюдение за состоянием деревьев.

На участках канала, проходящих в несвязных грунтах, необходимо предусмотреть противоэрозионные мероприятия, например, посев многолетних трав. Для водопоя скота и перехода диких животных через канал необходимо предусмотреть специально закрепленные участки.

Систематически проводить гидрометрические работы по съемке продольного и поперечного профилей русла, измерения продольного профиля свободной поверхности, глубины, скорости течения и расхода воды. Эти данные должны ежегодно анализировать специалисты для заключений по гидравлическому режиму канала и выбора необходимых мероприятий по сохранению его пропускной способности.

На рассматриваемом канале имеются и бетонные облицовки, но назвать канал облицованным нельзя, так как протяженность облицовок по сравнению с длиной канала ничтожно мала. Облицовки полевой Правоегорлыкского канала устроены в местах пересечения глубоких балок и за шлюзами-регуляторами длиной по 300-400 м, укреплены участки у мостов, водовыделов, а также на фиксированных руслах с гидрологическими постами. Облицовки в основном выполнены для предотвращения от размывов. По конструкции это в основном сборные железобетонные облицовки из плит 2 на 3 м и толщиной 0,1 м или монолитный железобетон.

Поэтому в данных рекомендациях для общей безопасной эксплуатации сооружения необходимо рассмотреть и рекомендации по эксплуатации участков канала в облицовке.

При проектировании и эксплуатации канала должен решаться вопрос согласования транспортирующей способности между отдельными участками канала (в земляном русле и облицованными), так как мутность воды при прохождении земляного русла повышается, а затем при прохождении облицованных участков взвешенные наносы, содержащиеся в потоке, взаимодействуют с бетонными покрытиями, способствуя обрастанию их мхом, появлению на бетонной поверхности илстой пленки, тем самым изменяя значения шероховатости.

Поэтому при проектировании таких каналов необходимо назначать допустимую скорость так, чтобы обеспечить транспортирующую способность канала и не допустить размыва неукрепленных участков.

При очистке от наносов участков в облицовке необходимо производить работы с максимальной осторожностью, так как техника может повредить плиты покрытия или разрушить бетон облицовки. При полной остановке канала наносы следует удалять при помощи погрузчиков, бульдозеров и скреперов только на пневмоколесном ходу, так как гусеничная техника может разрушить плиты облицовки. Более того, колесную технику необходимо использовать из условия относительно малой массы для предотвращения продавливания плит.

Ремонты облицованных участков канала следует проводить в соответствии с режимом работы канала. В этот период необходимо организовать мероприятия по реконструкции облицовок и земляных участков с максимальной эффективностью. Заблаговременно заготовить кавальеры грунта (глины, гравия, щебня, песка и т.д.), завести необходимое количество плит для облицовок, организовать необходимые условия для питания и отдыха рабочих, обеспечить освещение для ночных работ, восстановить и построить подъездные пути к месту ремонта для подвоза необходимых строительных материалов и т.д.

Все вышеперечисленные меры принимаются для того, чтобы ремонт эксплуатируемого канала провести в сжатые сроки, отведенные графиком подачи воды канала. Если реконструкция русла канала не укладывается в сроки, то сначала ремонтируются дно и часть откоса, затем по окончании работ подается минимальный расход. Работы по ремонту или облицовке откосов ведутся в зимне-весенний период до наступления времени подачи в канал максимальных расходов.

При образовании на бетонных участках трещин и выпадения цементной заделки швов между плитами необходимо заделать эти участки цементным раствором или другими материалами.

Наиболее разрушенные участки бетона облицовок восстанавливаются за счет склеивания «старого» бетона с «новым». Для повышения сцепления на подготовленную поверхность «старого» бетона наносят тонким слоем эпоксидный клей (грунтовочный состав). Укладка «нового» бетона производится в течение времени, обусловленного адгезионной жизнеспособностью клея.

Технология восстановления бетонных поверхностей облицовок включает следующие операции:

- механическая обработка бетонной поверхности;
- обеспыливание и обезжиривание бетона;
- нанесение клеящего полимерного состава;
- установка съемной опалубки и укладка нового бетона;
- съемка опалубки и нанесение на свежий бетон защитного полимерного покрытия.

Толщина «нового» бетона при склеивании со «старым» составляет от 5 до 15 см. Восстановление бетона без значительных разрушений может выполняться без «нового» бетона путем нанесения антикоррозийного покрытия.

В условиях, характеризующихся резко континентальным климатом и большим перепадом температур, целесообразно на бетонных облицовках производить герметизацию стыков и швов между плитами при помощи полимерных материалов, обладающих водостойкостью, морозостойкостью к переменному увлажнению и высушиванию, высокой адгезией к бетону, деформативностью, прочностью и водонепроницаемостью.

При герметизации стыков трещин следует выполнять операции в следующей последовательности:

1. Поверхность бетона в месте стыка (трещины или шва) необходимо зачистить металлическими щетками.
2. Очищенные участки обеспылить, обезжирить и загрунтовать.
3. Нанести полимерный материал на подготовленные участки.

Заращение облицованных бетоном или плитами участков канала имеет свою специфику. Бетонные облицовки могут обрастать мхом, покрываться слизистой пленкой, влияние которой на гидравлические сопротивления еще мало изучены. А так как облицованный участок не обладает такой самоочищающей способностью, как земляное русло, то при воздействии благоприятных условий для развития водорослей (высокая температура и низкая мутность) облицованное русло может превратиться в русло близкое по своим характеристикам к земляным участкам, так, как это происходит на некоторых участках рассматриваемого канала, где облицовки полностью заилены.

Растительность может прорасти через стыки между плитами, тем самым разрушая их, а корни деревьев и кустарников могут разрушить и монолитный железобетон. Поэтому при эксплуатации канала, особенно в вегетационный период необходимо своевременно удалять кустарниковую растительность и мелкие деревья. Дело в том, что древесно-корневищная растительность отрицательно влияет на фильтрационные параметры дамб и разрушает бетонные облицовки.

Полное и своевременное проведение всех вышеперечисленных мероприятий позволит обеспечить надежную и бесперебойную работу каналов и гарантировать подачу воды потребителю.

Все меры для обеспечения надежной эксплуатации каналов применимы только в комплексе.

Библиографический список

1. Волосухин, В.А. Безопасная эксплуатация каналов (на примере обводнительно-оросительных магистральных каналов Южного Федерального округа) [Текст] / В.А. Волосухин, К.Г. Гурин, Я.В. Волосухин, Е.Н. Горобчук, В.И. Воропаев, С.Г. Белогай. – Новочеркасск: НГМА, ИБГТС, 2009.
2. Волосухин, В.А. Рекомендации по безопасной эксплуатации Лево́й Ветви Правоегорлыкского канала [Текст] / В.А. Волосухин, К.Г. Гурин, Я.В. Волосухин, Е.Н. Горобчук, В.И. Воропаев, Е.В. Высоцкий. – Новочеркасск: ИБГТС, 2009.
3. Алтунин, В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах [Текст] / В.С. Алтунин. – М.: Колос, 1979.

4. Косиченко, Ю.М. Каналы переброски стока России [Текст] / Ю.М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004.
5. Косиченко, Ю.М. Рекомендации по расчету и эксплуатации крупных каналов с частично-облицованными руслами [Текст]: Ю.М. Косиченко, К.Г. Гурин К.Г. – Новочеркасск: НГМА, 2001.
6. Косиченко, Ю.М. Гидравлика мелиоративных каналов [Текст] / Ю.М. Косиченко / Учебное пособие. – Новочеркасск, 1991.
7. Полад-Заде, П.А. «Мелиорация и водное хозяйство». ч.4 Сооружения [Текст] / П.А. Полад-Заде. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987.
8. Шаров, И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем [Текст] / И.А. Шаров. – М.: Колос, 1968.