

нению ее качества. Воду из этих озер необходимо опреснять, а для этого нужны дополнительные капиталовложения.

Список использованных источников

- 1 Водное хозяйство Крыма: история развития, современное состояние / Н. Н. Заволодько [и др.]. – Симферополь: Доля, 2003. – 78 с.
- 2 Сейтумеров, Э. Э. Роль местного стока в Крыму и пути повышения эффективности его использования / Э. Э. Сейтумеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 24–29.
- 3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрогеологические характеристики. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым / под ред. М. М. Айзенберга, М. С. Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 344 с.
- 4 Экологическая геология Украины: справ. пособие / Е. Ф. Шнюков [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1993. – 407 с.
- 5 Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 2(4). – С. 95–101.
- 6 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на подземные воды Крыма / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(59). – С. 25–31.
- 7 Иванютин, Н. М. Возможность использования слабоминерализованных поверхностных и подземных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения в Крыму / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 106–111.
- 8 Состояние качества водной среды и донных отложений озера Донузлав в современный период / С. С. Жугайло, Т. М. Авдеева, М. Н. Пугач, Э. Н. Аджиумеров // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 38–45.
- 9 Протокол Расширенного заседания Технического совета при Государственном комитете по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.knigi-x.ru/23tehnicheskie/791625-1-protokol-rasshirenno-go-zasedaniya-nauchno-tehnicheskogo-soveta-pri-gosudarstvennom-komitet>, 2019.

УДК 626.8

Р. Б. Туктаров, В. П. Мельникова, Р. Д. Пасовец, Л. Н. Мазнева, Д. А. Греков, Л. Н. Горностаева

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ОТКОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Целью работы являлось изучение изменений состояния различных облицовочных покрытий оросительных каналов в результате длительной эксплуатации. В работе приведены результаты натурных исследований изменений состояния облицовочных покрытий, а также фильтрационных потерь в различных облицовках магистрального канала Комсомольской оросительной системы Саратовской области. Фильтрационные потери бетонной монолитной облицовки толщиной 0,15 м, уложенной бетоноукладочным комплексом «Рахко» на суглинистые грунты с $K_f = 0,04$ м/сут, для условий подпертой фильтрации составили $q = 0,01$ м³/сут с 1 м² поверхности канала. Облицовки из сборных плит НПКВК имели фильтрационные потери, составляющие $q = 0,06$ м³/сут с 1 м² поверхности канала. Самые большие изменения фильтрационных

потерь происходят в первые годы эксплуатации. После 3–5 лет процесс фильтрации стабилизируется. Монолитная бетонная облицовка с пленкой имела наименьшие фильтрационные потери, равные $q = 0,002 \dots 0,003 \text{ м}^3/\text{сут}$ с 1 м^2 поверхности канала.

Ключевые слова: оросительные каналы, магистральные каналы, противофильтрационные облицовки каналов, железобетонные плиты, монолитная бетонная облицовка, бетонопленочная облицовка, фильтрационные потери.

**R. B. Tuktarov, V. P. Melnikova, R. D. Pasovets, L. N. Mazneva, D. A. Grekov,
L. N. Gornostaeva**

Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,
Russian Federation

EVALUATION OF CHANGES IN THE CONDITION OF IRRIGATION CANAL SLOPE LINING COATINGS UNDER LONG-TERM OPERATION

The aim of the work was to study the changes in the state of various lining coatings of irrigation canals as a result of long-term operation. The results of field studies of changes in the state of lining coatings, as well as filtration losses in various linings of the main canal of the Komsomolsk irrigation system Saratov region are presented. Filtration losses of a monolithic concrete lining with a thickness of 0.15 m, laid by the Rakhko complex on loamy soils with $K_{\phi} = 0.04 \text{ m/day}$, for the conditions of the backed filtration were $q = 0.01 \text{ м}^3/\text{day}$ on canal surface 1 м^2 . Coatings made of composite PVCU plates had seepage losses of $q = 0.06 \text{ м}^3/\text{day}$ on canal surface 1 м^2 . The biggest changes in seepage losses occur in the first years of operation. After 3–5 years, the filtration process is stabilized. A monolithic concrete lining with a film had the smallest seepage losses equal to $q = 0.002 \dots 0.003 \text{ м}^3/\text{day}$ on canal surface 1 м^2 .

Key words: irrigation canals, main canals, seepage-control canal linings, reinforced concrete slabs, monolithic lining, concrete-film lining, seepage losses.

Протяженность открытой оросительной сети в Саратовской области составляет 1205,7 км, средний износ открытых каналов более 60 %, что приводит в первую очередь к потерям воды из каналов и снижению эффективности их работы [1]. Потери воды из каналов, подпитывая грунтовые воды, способствуют заболачиванию и засолению ценных орошаемых земель, снижают коэффициент полезного действия системы, увеличивают водозабор и соответственно затраты электроэнергии. Для устранения негативных явлений в каналах устраивается противофильтрационная защита в виде различных облицовок.

Натурные исследования, выполненные научно-исследовательскими и проектными организациями в течение многих лет, позволили установить, что основные потери воды из облицованных каналов происходят через деформационные швы и трещины в бетоне [2].

На Комсомольской оросительно-обводнительной системе (КООС) в Саратовской области при строительстве магистрального канала (МК) были заложены опытные участки на изолированных отсеках, оборудованных поверхностными и глубинными марками, реперами, пьезометрическими буровыми скважинами, постами наблюдения за уровнем воды [3, 4].

Определялись фильтрационные потери из необлицованных каналов и облицованных разными конструкциями противофильтрационных облицовок: монолитной бетонной облицовкой с полиэтиленовой пленкой и без нее, сборной облицовкой из предварительно напряженных железобетонных плит (НПК) и железобетонных плит с выпусками арматуры (НПВК), монолитной бетонной облицовкой, построенной бетоноукладочным комплексом «Рахко» [5].

Одновременно осуществлялась оценка состояния облицовки откосов каналов в процессе эксплуатации, в ходе которой проводились натурные обследования на трех

участках. Первый и второй участки находятся на канале, проходящем в выемке, а третий – на канале в полувыемке-полунасыпи.

На каждом участке выбраны учетные делянки длиной до 100 м для изучения деформации облицовки канала. Проводилась инструментальная съемка и съемка трещиноватости путем промеров и картирования. Нивелировка осуществлялась по сетке 1×1 м. Замерялись густота ($\text{мм}/\text{м}^2$), ширина и глубина трещин (мм), фотографировались варианты опытов.

Первый участок длиной 50 м и шириной 5 м расположен на левом берегу МК (ПК 298). Крепление выполнено железобетонными плитами размером $2,55 \times 5$ м, швы заполнены раствором. Плиты уложены на подстилающий грунт, представленный суглинком. На данном участке наблюдаются разрушения швов и стыков плит, во многих местах раствор вымыт из межплитного пространства (рисунок 1).



Рисунок 1 – Состояние межплитных швов и облицовки канала на первом участке, 2018 г.

На поверхности плит наблюдаются каверны, разрушения. В местах разрушения плит и их стыков прорастает травянистая и кустарниковая растительность.

На втором участке длиной 100 м и шириной 5 м, который находится на правом берегу МК (ПК 300 + 57), крепление откосов выполнено монолитной бетонной облицовкой. Строительные швы выполнены через 5,0 м. По всей длине второго участка отмечается непрерывная трещина, расположенная параллельно бровке канала и ниже ее на 2,1 м. В строительных швах бетонной облицовки, расположенных через 5 м, также наблюдаются трещины и разрушения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Непрерывная продольная трещина, параллельная бровке канала, на втором участке, 2018 г.

Раскрытие трещин в основном составляет 6–8 мм при плотности трещин 442 мм/м² (что превышает предельно допустимую величину, по данным М. А. Лазарева равную 80 мм/м²) с глубиной раскрытия 5 мм [6].

Третий участок заложен на левом берегу МК, ПК 320. Крепление откосов выполнено бетонной облицовкой. Длина участка 50 м, ширина 4 м. Поверхность облицовки имеет много шелушений, каверн, разрушений. Строительные швы зафиксированы через 2,0–2,5 м. Отмечено восемь поперечных трещин, проходящих по всей ширине участка наблюдения, равной 4 м. В начале участка параллельно бровке канала, ниже ее на 1,8–2,0 м проходит непрерывная продольная трещина длиной 8 м. Ширина раскрытия трещины 5–8 мм, плотность трещин 390 мм/м², что значительно больше допустимого значения 80 мм/м².

В результате исследований установлено, что наименьшие фильтрационные потери имела бетонная монолитная облицовка толщиной $\delta = 0,15$ м, уложенная бетоноукладочным комплексом «Рахко» на суглинистые грунты с $K_f = 0,04$ м/сут, и для условий подпертой фильтрации фильтрационный расход составлял $q = 0,01$ м³/сут с 1 м² поверхности канала. Фильтрационные воды за 5 сут достигли уровня грунтовых вод (УГВ), который находился на глубине 15 м. Влияние фильтрационных вод на УГВ зафиксировано на расстоянии 1 км от канала, и за поливной сезон поднятие УГВ составило 0,5 м [3].

Облицовки из сборных плит НПВК имели фильтрационные потери, составляющие $q = 0,06$ м³/сут с 1 м² поверхности канала. Самые большие изменения фильтрационных потерь происходят в первые годы эксплуатации, после 3–5 лет процесс фильтрации стабилизируется.

Полевые исследования показали, что полимерные пленки в конструкциях облицовок существенно уменьшают фильтрационные потери. Монолитная бетонная облицовка с пленкой имеет фильтрационные потери, равные $q = 0,002...0,003$ м³/сут с 1 м² поверхности канала.

В ходе исследований установлены причины низкой противофильтрационной эффективности крепления канала плитами НПК на полиэтиленовой пленке: частые повреждения пленки ребрами плит и самими плитами при строительстве, несовершенные конструкции швов, неплотное прилегание плит к грунтовой основе и образование подплитного пространства между плитами и грунтом, которое быстро заполняется водой, свободно поступающей ко всем повреждениям в пленке, и дает большие фильтрационные потери. В конструкциях облицовки из плит НПК по полиэтиленовой пленке наблюдаются большие фильтрационные потери: $q = 0,014$ м³/сут с 1 м² поверхности канала. Наблюдения за трещинообразованием в облицовках из монолитного бетона и плит НПК и НПВК показали, что для облицовок из монолитного бетона характерно образование продольных трещин (рисунок 3). Образование продольных трещин уменьшается в монолитных облицовках при наличии под облицовкой пленки.



Рисунок 3 – Образование продольных трещин в бетонной облицовке магистрального канала КООС, 2018 г.

