

Reference list

1. **Velikanov M.A.** Vodny balance sushi. – M.: Gidrometeoizdat, 1940. – 140 s.
2. **Iofin Z.K.** Sovershenstvovanie teorii formirovaniya elementov vodnogo balansa rechnyh basseinov. – M.: Logos, 2012. – 196 s.
3. **Ignatovich N.K.** Gidrologiya Russkoj platformy. – M.; L.: Gosgeolizdat, 1948. – 334 s.
4. **Iofin Z.K.** Otsenka vpityvayushchej sposobnosti pochv v protsesse uvlazhneniya s/h kuljtur. Klimat, ekologiya, seljskoe hozyaistvo Evrazii / Sb. Statej mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii, posvyashchennoj 75-letiyu obrazovaniya IrSHA/NTS RVH VSNTS SO. – Irkutsk: 2009. – S. 642-647.
5. **Alexeev G.A., Velikanova M.A.** Otyskanie formy svyazi mezhdru sluchainymi velicinami metodom kvantilei. – L.: Gidrometeoizdat, 1962. – 299 s.
6. **Alexeev G.A., Velikanova M.A.** Oshibki izmerenij i empiricheskie zavisimosti. L.: Gidrometeoizdat, 1962. – 299 c.
7. **De Girolamo, A.M.** Land use scenario development as a tool for watershed management within the Rio Mannu Basin / A.M. De Girolamo, A. Lo Porto. – Land Use Policy 29, 2012. – P. 691-701.

The material was received at the editorial office
29.08.2017

Information about the authors

Iofin Zinovij Konstantinovich, doctor of technical sciences, associate professor; VoSU, 160000, Vologodskaya area, Vologda, ul. Lenina, 15; tel. (8172)725093, ext. 110, e-mail: pirit35@yandex.ru.

Vozova Galina Vitaljevna, student, VoSU, 160000, Vologodskaya area, Vologda, ul. Lenina, 15; tel. (8172)725093, ext. 110, e-mail: pirit35@yandex.ru

УДК 502/504: 621.644: 532.54

DOI 10.26897/1997-6011/2018-1-38-45

О.Н. ЧЕРНЫХ, Н.В. ХАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

А.В. БУРЛАЧЕНКО

Акционерное общество «Мерседес-Бенц РУС», г. Москва, Российская Федерация

ЗАИЛЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ГОФРИРОВАННОГО МЕТАЛЛА

Приводятся и обсуждаются результаты натурных обследований ряда водопропускных сооружений из металлических труб с нормальной формой гофры (МГТ), восстановленных за последние 6...12 лет в Московской области. Выявлены основные факторы, влияющие на заиливание трубчатых переходов на дорогах разной категории. Установлено, что на большинстве водных объектов русла водотоков загрязнены мусором и строительным материалом, поверхность воды в водопропускной трубе и на походных участках была в момент обследования покрыта густой ряской, в ней находились значительные иловые отложения, примерно в одной трети МГТ превышающие допустимые нормы, наблюдался застой воды перед входным оголовком и его деформация, оголовки МГТ заросли высокой травой и кустарником, на двух объектах были обнаружены бобровые плотины, что говорит о недостаточной работе служб эксплуатации. Обоснована необходимость составления методической и рекомендательной литературы для служб эксплуатации и мониторинга соответствующих водных объектов и участков автодорог с водопропускными сооружениями из металлических гофрированных структур, обеспечивающих надёжную работу МГТ на временных и постоянных водотоках. Отмечена необходимость проведения гидравлических лабораторных и натурных исследований при различных режимах работы равнинных и косогорных труб, труб некруглого сечения с разными параметрами гофр и конструктивным оформлением дна, а также труб больших диаметров.

Водопропускные сооружения, металлические гофрированные трубы с нормальным гофром, заиливание, надёжность работы, натурные исследования, эксплуатационные мероприятия.

Введение. Дорожные водопропускные сооружения в течение всего срока эксплуатации работают в условиях переменного расхода, что связано как с изменением климата в последнее десятилетие, так и с особым сочетанием физико-географических условий, которыми отличаются многие районы юга РФ, Дальнего Востока, Кавказа и др., наиболее насыщенные малыми трубчатými переходами, где их насчитывается не менее 1...2 на километр дороги, не считая водопропускных труб на мелиоративной

сети [2]. Форсированное наполнение замкнутого сечения металлической гофрированной трубы (МГТ) приводит к некоторому снижению пропускной способности и подводящего канала и самого трубчатого водопропускного сооружения, уменьшению средней скорости потока, интенсификации отложения наносов (рис. 1), а также может привести к волнообразованию с сопутствующими отрицательными явлениями в нижнем бьефе (нерасчётные размывы за укреплением, дефекты и разрушение труб) [1, 2, 7].



а



б

Рис. 1. Наносные отложения в транзитной части МГТ без защитного лотка по дну:
 а – абразивное действие и отложение песчано-гравелистых грунтов;
 б – средние и крупнообломочные отложения, достигающие до половины высоты водопропускной трубы на предгорных участках водотока

Материалы и методы исследований. Кафедрой гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева совместно с кафедрой гидравлики МАДИ (ГТУ), начиная с 2007 г. по настоящее время, проводились систематические обследования дорожных водопропускных сооружений в Московском регионе, имеющие целью, в частности, выявление причин и характера заиления водопропускных сооружений, оценку вреда, наносимого заилением работе трубчатых переходов из металлических гофрированных структур (МГК) (рис. 2) [1]. Они являются продолжением обследований, проводимых в 70-х годах прошлого века на участках автомобильных и железных дорог РФ, расположенных в различных климатических зонах и характеризующихся различным рельефом местности (Калужской, Калининской, Воронежской, Московской и др. областей, Краснодарского, Ставропольского, Приморского краев и пр.) общей протяжённостью более 3 тыс. км [2].

Результаты исследований. Натурными исследованиями установлено, что после размыва, зарастания и деформации выходных участков труб заиление является как для мелиоративных каналов [8], так и для водопропускных сооружений [3, 9] одним из наиболее частых нарушений их нормальной работы (рис. 3). Так, при сильном развитии эрозионных процессов каналы в земляном русле уже после 5...6 поливов заиливаются: например, для оросительной системы «Пойма» Луховицкого района Московской области сохранность русла после 5 поливов составляла 60...70% [8], при этом 15% было полностью разрушено, а остальные имели различную степень заиления. Таким образом, эксплуатационная надёжность работы каналов в условиях заиления может быть значительно снижена (для конкретных условий этой оросительной системы – до 0,097 по сравнению с проектной 0,903) [8]. Анализ результатов обследований водопропускных переходов [1, 3, 9] показал, что заилению подвергаются примерно 10% эксплуатируе-

мых труб и малых мостов. В мировой практике были случаи, когда заиливание приводило даже к полному перекрытию отложившимся илом поперечного сечения МГТ. По норма-

тивным документам допустимая величина заиливания может составлять на дорогах РФ I – V категории соответственно от 0 до 0,1 диаметра водопропускной трубы [2].

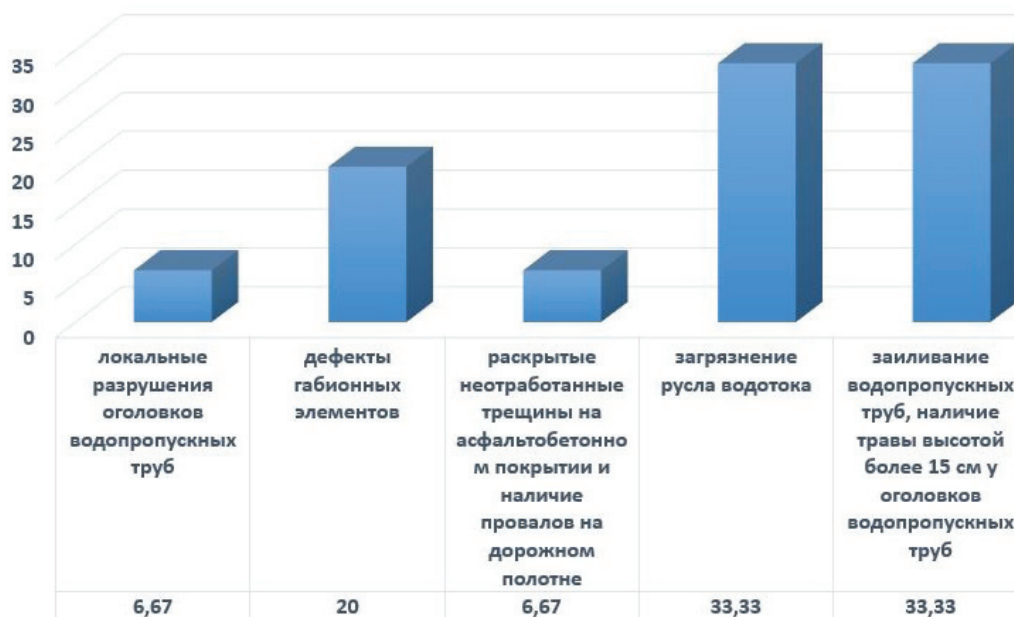


Рис. 2. Основные характерные повреждения водопропускных сооружений из МГК, эксплуатирующихся менее 5 лет в Московском регионе, по данным обследований 2007-2016 гг.



а



б

Рис. 3. Чрезмерные отложения у входных оголовков труб из МГК: а – илстые; б – из крупного камня

Нарушение в работе перепускных труб или водопропускных трубчатых сооружений на равнинных водотоках с малым уклоном можно считать параметрическими, так как они обусловлены постепенным изменением геометрических характеристик в процессе заиливания. Более всего подвержены заиливанию подводящие русла и входные оголовки, но часто заиливание распространяется и на сами водопропускные трубы, независимо от материала, из которого они выполнены, и подмостовые русла. Особенно активно

процесс заиливания в транзитной части труб происходит при сильном развитии эрозионных процессов в земляном русле подводящего канала или берегов естественного водотока в верхнем бьефе перед сооружением. Среди искусственных придорожных сооружений не редки случаи заиливания кюветов, нагорных канав и сооружений на них чаще с водобойными и шахтными колодцами [9]. При этом роль ветровой эрозии незначительна, в большей степени источником заиливания является водная эрозия.

Для дорожных МГТ наиболее характерными источниками заиления являются:

- естественная русловая эрозия, характерная для участков пересечённой местности с относительно высокими уклонами логов, активным процессом развития сети оврагов;

- склоновая эрозия прилегающих к водопропускным сооружениям водосборных территорий с нарушенным деятельностью человека поверхностным покровом;

- эрозия грунта насыпей дорог, чаще всего в период строительства или реконструкции, когда незащищённый растительным покровом уплотнённый грунт легко подвержен эрозии и смыву.

В процессе заиления водопропускных труб из гофрированного металла, как и в гладких трубах, прослеживаются два этапа. Сначала при значениях скоростей меньше незаиляющих происходит осаждение твёрдых частиц из числа транспортируемых потоком. На первом этапе отложение частиц по длине транзитной части сооружения по ряду причин (изменение скоростей по длине потока, неоднородность состава наносов и их распределение в потоке и пр.) происходит неравномерно, что приводит к формированию продольного профиля тела отложений, обеспечивающего повышенную устойчивость частиц грунта, находящихся на поверхности тела отложений, размывающему воздействию водного потока. На верхнем откосе перегораживающего или подпорного сооружения и берегового участка водного объекта это происходит за счёт улучшения условий опирания частиц, а на низовом – за счёт уменьшения местных скоростей у поверхности откоса. В результате дальнейшее наращивание тела отложений на втором этапе заиления может происходить при прохождении через сооружение взвесенесущего потока со средней скоростью, превышающей неразмывающую. Это создаёт условия для заполнения телом отложений практически всего поперечного сечения сооружения или его значительной транзитной части.

Анализ полученных данных позволил разработать ряд рекомендаций для оптимального проектирования и организации работы службы эксплуатации трубчатых водопропускных сооружений из МГК. Во-первых, необходимо предусмотреть мероприятия по недопущению формирования условий для начального этапа заиления: корректный выбор расчётных скоростей водного потока (особенно в период интенсивной эрозии грунта)

[2, 7] с учётом современных методик и программ по расчёту объёма стока наносов, смыва почв со склонов; правильная оценка среднегодового количества поступающих в русло водотока наносов (принимая, что из общего объёма наносов к водопропускному сооружению поступает для равнинных участков рек не менее 10%, а горных – 20%) [1, 3, 8]. Во-вторых, при проектировании надо разработать комплекс мер по уменьшению или задержанию твёрдого стока на подходе к водопропускному сооружению: миксированные агротехнические либо лесомелиоративные мероприятия, устройство сооружений инженерной защиты по эрозируемому склону (нагорные канавки, кюветы, террасы, валы, дамбы и пр.) и для регулирования паводкового стока. В-третьих, следует избегать трассирования дорог у подошв склонов.

Заилению способствует застой воды перед сооружением, при этом отложение наносов происходит довольно неравномерно. Поэтому в зонах, прилегающих к водопропускному сооружению из МГК, и в МГТ следует предусматривать конструктивные и эксплуатационные меры по увеличению транспортирующей способности потока, особенно на участке входного оголовка трубы, где отложение частиц наносов происходит наиболее интенсивно (за счёт предельного зарастания подходного участка, наличия бобровой плотины, дефектов и разрушения отдельных элементов входного оголовка и пр.) (рис. 4).

К застою воды могут привести строительные недоборы и переборы по глубине водотока, искажающие продольный профиль всего гидротехнического комплекса. Часто грунт, вынутый при строительстве или реконструкции подводящего канала и водопропускного сооружения, либо уложенный близко к бровке или небрунный строительный мусор легко смываются в русло или оказывают дополнительное давление на откосы, что приводит к их деформации. Повышению транспортирующей способности потока может способствовать увеличение уклона дна входного оголовка водопропускных труб [2], либо специальное устройство на подходе к сооружению сосредоточенного профилированного русла с уклоном, достаточным для транзитного пропуска наносов [9]. Для обеспечения требующихся по условиям незаиления водопропускных сооружений продольных уклонов отводящего русла в некоторых случаях необходимо предусмотреть соответствующую срезку.



а



б

Рис. 4. Дефекты входных оголовков МГТ, обследованных в Московской области в 2016 г.:
а – чрезмерное зарастание, посёлок Зеленоградский;
б – бобровая плотина перед оголовком на р. Вельга, Клинский район

Поскольку очистка труб от наносов диаметром менее 1 м затруднительна, то лучше устраивать МГТ в районах с потенциально опасных по заилению участках дорог значительно большего сечения в соответствии с каталогом производителя гофролистов и труб (не менее 1,5 м) и числом не менее 3-х. Поскольку вероятность заиливания круглых труб больше, чем труб другой формы сечения, то при равных прочих условиях на взвесенесущих и зарыблённых водотоках следует отдавать предпочтение МГТ сложной формы сечения, особенно для селе- и лавинозащитных галерей из МГК: полицентрическое, овоидальное, разного подъёма и радиусов арочное, полукольцо и пр. [2].

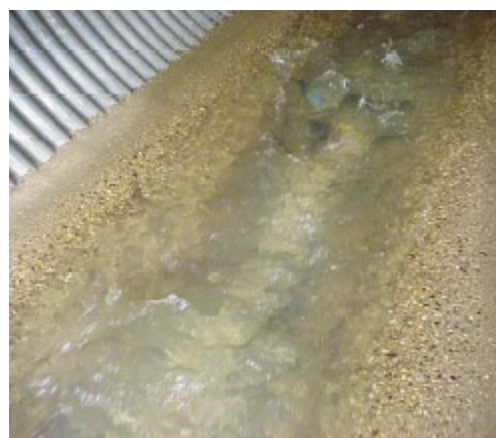
Особенно важно устройство гладкого лотка по дну МГТ, являющееся обязательным в соответствии с нормативными документами. Лоток не только защищает анти-

коррозионное покрытие и металл труб от истирания взвесями, содержащимися в водном потоке, и песчаными частицами, транспортируемым им, но одновременно повышает надёжность и долговечность работы всего сооружения в целом, обеспечивает стабильность гидравлических режимов в МГТ, снижает вероятность отложения наносов в нижней лотковой части сооружения (рис. 5б) [2, 3]. Однако лоток часто не выполняют при строительстве водопропускных сооружений из МГК (рис. 5а). По зарубежным данным его наличие в среднем на 25 лет увеличивает срок безаварийной работы МГТ [5, 6].

Следует учитывать, что при скоростях движения воды в трубах 0,3...0,35 м/с и более может происходить самоочистка. Это обычно обеспечивается при уклонах водного тракта примерно $i = 0,008...0,01$.



а



б

Рис. 5. Примеры взвесенесущего потока у дна МГТ [2]: а – заиливание при отсутствии придонного лотка в первый год эксплуатации на обьездной дороге г. Коломна, ПК37+59; б – движение воды в гофрированной трубе с гладким лотком по дну

Любая водопропускная труба независимо от типа входного оголовка, как гладкая, так и гофрированная, может работать в следующих гидравлических режимах: безнапорном, полунпорном, частично-напорном и напорном [4, 6, 7]. Причём оба вида дорожных труб обычно проектируются на работу в безнапорном режиме. Сопоставление условий гидравлической работы сооружений с гладкой и гофрированными трубами показало, что МГТ при безнапорном режиме работает по типу «короткой» (уложенной с уклоном i , равным или больше критического) и обладает в среднем на 6% большей пропускной способностью, чем сооружение с гладкой трубой. Объясняется это улучшенными условиями входа за счёт скругления кромок входного оголовка гофром. Поэтому при $i > 0,01$ в качестве водопропускных целесообразно использовать гофрированных труб вместо гладких [5]. Модельные эксперименты показали [2, 3, 5, 6], что для уменьшения заиливания труб исследованной конструкции в мелиоративных сооружениях не следует укладывать МГТ без перепада ($i = 0$), так как глубины в подводящем канале при напорном режиме намного больше нормальных. Для снижения заиляемости целесообразно укладывать трубы с уклоном, ограничивая его перепадом между отметками дна подводящего и отводящего каналов примерно $0,5d$. Второй частично-напорный режим при этом в сооружениях с МГТ отсутствует, а, например, в гладких трубах той же длины $l = 15d$ – наблюдается в диапазоне параметров расхода $\theta = \frac{Q}{\sqrt{gd_p^{5/2}}} = 0,47 \dots 0,65$, где d_p – расчетный диаметр трубы [2].

Для повышения эффективности эксплуатационных мероприятий контроль состояния водопропускных сооружений на участках дорог, опасных с точки зрения заиливания, должен осуществляться периодически (не реже 2 раз в год и после паводков редкой повторяемости). После обнаружения заиленных малых искусственных сооружений необходимо: установить причину заиливания; по возможности её устранить; сооружения очистить от наносов; расчистить кустарник и удалить высокий травостой у оголовков МГТ, наличие которых у МГТ недопустимо на дорогах всех категорий, при всех уровнях содержания, поскольку приводит в большинстве случаев к снижению скорости потока, заиливанию русла, а также к по-

вреждению элементов, особенно краёв, конструкции МГТ [2].

Выводы

Анализ состояния водопропускных трубчатых сооружений на дорогах Подмосковья из гофрированных металлических конструктивных элементов показал, что практически все МГТ в разной степени заилены, причём более 33% МГТ заилены выше нормативного ограничения. Заиливание вызвано рядом причин, из которых основными являются: застой воды у оголовков МГТ (наблюдаемый примерно на 35% сооружений); загрязнение русла водотока бытовым и строительным мусором (68%); зарастание травой высотой более 15 см и древесно-кустарниковой растительностью у оголовков водопропускных труб, препятствующих нормальному течению воды (62%).

Можно констатировать, что надёжность работы трубчатых переходов в условиях заиливания в значительной мере зависит от надлежащей работы службы эксплуатации и может быть существенно снижена при отсутствии мониторинга, поэтому особое внимание необходимо уделить разработке специальной литературы по оценке технического состояния и рекомендаций по устранению дефектов для водопропускных сооружений из МГК. В связи с возрастающим изготовлением и массовой поставкой элементов для МГТ с высотой и диаметром отверстий более 3...8 м необходимо разработать отечественные нормы, строительные правила и указания по эксплуатации и мониторингу водопропускных сооружений из металлических гофрированных труб больших диаметров, работающих как в равнинных, так и в косогорных условиях.

На характер изменения гидравлического радиуса и работы водопропускной трубы влияет заиливание и заносимость трубы грязью и камнем, поэтому необходимо в дальнейшем исследовать круглое сечение трубы из МГК с вставкой, имитирующей донные отложения, и МГТ с другими формами поперечного сечения с разным конструктивным оформлением донной лотковой части.

Библиографический список

1. Черных, О.Н., Алтунин В.И, Федотов М.В., Алтунина А.В. Результаты обследования состояния водопропускных сооружений из гофрированных водопропускных труб / Социально-экономические и эко-

логические проблемы сельского и водного хозяйства: сб. науч. тр. ч. II. – М.: МГУП, 2010. – С. 150-159.

2. Алтунин В.И., Черных О.Н., Федотов М.В. Водопропускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур. Монография. – М.: МАДИ, 2016. – 304 с.

3. Алтунин В.И., Аграновский А.М., Черных О.Н., Алтунина А.В. Техническое состояние гидроузлов и водопропускных переходов подмосковных рыбоводных хозяйств // Вопросы мелиорации. – 2008. – № 1-2. – С. 69-80.

4. Алтунин В.И., Черных О.Н. Гидравлические условия работы нижних бьефов гофрированных водопропускных труб // Природообустройство. – 2013. – № 5. – С. 40-43.

5. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. Повышение эффективности гидравлической работы дорожных водопропускных труб // Природообустройство. – 2016. – № 2. – С. 42-46.

6. Алтунин В.И., Бурлаченко А.В., Черных О.Н. Гидравлические сопротивления водопропускных труб из гофрированного металла с повышенной абразивной устойчивостью // Гидротехническое строительство. – 2016. – № 6. – С. 23-29.

7. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. К вопросу выбора расчётного гидравлического режима при проектировании металлических гофрированных водо-

пропускных труб // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 51-57.

8. Фиошин А.Б. Оценка каналов оросительной системы «Пойма» в условиях заиливания // Вопросы мелиорации. – 2010. – № 3-4. С. – 38-42.

9. Константинов Н.М., Милитеев А.Н., Суцепин В.А. Заиливание дорожных труб и малых мостов / Труды МАДИ. Гидравлика дорожных водопропускных сооружений. – М.: МАДИ, 1982. – С. 72-75.

Материал поступил в редакцию 15.09.2017.

Сведения об авторах

Черных Ольга Николаевна, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; тел.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Ханов Нартмир Владимирович, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8(499)9760015; e-mail: vkhanov@yahoo.com

Бурлаченко Алена Владимировна, специалист АО «Мерседес-Бенц РУС»; 125167, Москва, Ленинградский пр-т, 39А; тел.: 8(499)6180514; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com

O.N. CHERNYH, N.V. KHANOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university-MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

A.V. BURLACHENKO

АО «Mercedes-Benz RUS», Moscow, Russian federation

SILICATION OF TUBULAR WATERPROOF CONSTRUCTIONS FROM GORFRATED METAL

The results of field surveys of a number of culverts of metal pipes with a normal form of corrugation (MGT) recovered over the past 6...12 years in the Moscow region are given and discussed. The main factors affecting siltation of tubular junctions on roads of different categories are revealed. It was found that most of water bodies in the watercourse channel were contaminated with debris and building material, the water surface in the culvert and on the field sites was covered with thick duckweed at the time of the survey, there were significant silt deposits, about one third of the MGT exceeding permissible standards, stagnation was observed. Water before the entrance head and its deformation, the heads of MGT overgrown with tall grass and shrubbery, at two objects were found beaver dams, which indicates to the insufficient work of operation services. The necessity of compiling methodical and recommendatory literature for the operation and monitoring services of the respective water bodies and sections of roads with culverts of metal corrugated structures ensuring the reliable operation of MGT on temporary and permanent waterways is substantiated. The need to conduct hydraulic laboratory and field studies at various operating modes of plain and sloping pipes, pipes of non-circular cross-section

with different parameters of corrugations and structural design of the bottom, as well as pipes of large diameters was noted.

Culverts, metal corrugated pipes with normal corrugation, silting, reliability of operation, field studies, operational measures.

Reference list

1. **Chernyh O.N., Altunin V.I., Fedotov M.V., Altunina A.V.** Rezul'taty obsledovaniya sostoyaniya vodopropusknykh sooruzhenij iz gofirovannykh vodopropusknykh trub / Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy sel'skogo i vodnogo hozyajstva: sb. nauch. tr. ch. II. – M.: MGUP, 2010. – S. 150-159.

2. **Altunin V.I., Chernyh O.N., Fedotov M.V.** Vodopropusknye sooruzhenia transportnykh magistralej iz metallicheskih gofirovannykh struktur. Monografiya. – M.: MADI, 2016. – 304 s.

3. **Altunin V.I., Chernyh O.N., Agranovskiy A.M., Altunina A.V.** Tehnicheskoe sostoyanie gidrozlov i vodopropusknykh perehodov podmoskovnykh rybovodnykh hozyajstv // Voprosy melioratsii. – 2008. – № 1-2. – S. 69-80.

4. **Altunin V.I., Chernyh O.N.** Gidravlicheskie usloviya paboty nizhnih bjefov gofirovannykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustrojstvo. – 2013. – № 5. – S. 40-43.

5. **Altunin V.I., Chernyh O.N., Burlachenko A.V.** Povyshenie effektivnosti gidravlicheskoj raboty dorozhnykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 2. – S. 42-46.

6. **Altunin V.I., Burlachenko A.V., Chernyh O.N.** Gidravlicheskie soprotivleniya vodopropusknykh trub iz gofirovannogo metalla s povyshennoj abrazivnoj ustojchivost'ju / Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo. – 2016. – № 6. – S. 23-29.

7. **Altunin V.I., Chernyh O.N., Burlachenko A.V.** K voprosu vybora raschetnogo

gidravlicheskogo rezhima pri proektirovanii metallicheskih gofirovannykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 2. – S. 51-57.

8. **Finoshin A.B.** Otsenka kanalov orositel'noj sistemy «Poima» v usloviyah zaileniya // Voprosy melioratsii. – 2010. – № 3-4. – S. 38-42.

9. **Konstantinov N.M., Militeev A.N., Sutsepin V.A.** Zailenie dorozhnykh trub i malyh mostov / Trudy MADI. Gidravlika dorozhnykh vodopropusknykh sooruzhenij. – M.: MADI, 1982. – S. 72-75.

The material was received at the editorial office
15.09.2017

Information about the authors

Chernyh Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic engineering structures FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44; tel.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Khanov Nartmir Vladimirovich, doctor of technical sciences, head of the chair of hydraulic structures, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44; tel.: 8(499)9760015; e-mail: vkhano@yahoo.com

Burlachenko Alena Vladimirovna, specialist AO "Mercedes-Benz RUS", 125167, Moscow, Leningradsky pr-t, 39A, tel.: 8(499)618054; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com