

Разработанная дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом внедрена в ОПХ ВолжНИИГиМ.

Список использованных источников

1 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко; ФГОУ ВПО «СГАУ». – Саратов, 2009. – 176 с.

2 Слюсаренко, В. В. Опыт эксплуатации ДМ «Фрегат» на низконапорном режиме / В. В. Слюсаренко, Л. А. Журавлева, Н. Ф. Рыжко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 22–24.

3 Рыжко, Н. Ф. Обоснование технических решений по снижению напора на входе ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угनावый // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – Саратов: ФГОУ ВПО «СГАУ», 2007. – № 4. – С. 85–90.

4 Рыжко, Н. Ф. Повышение эффективности работы низконапорных ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угनावый // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейной междунар. науч.-практической конф. – М., 2007. – Т. 1. – С. 340–343.

5 Слюсаренко, В. В. Новые технические решения для модернизации дождевальных машин «Фрегат» и результаты их внедрения / В. В. Слюсаренко, Н. Ф. Рыжко // Известия Самарского ГАУ. – 2011. – № 3. – С. 16–20.

6 Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Николай Федорович. – Саратов, 2012. – 47 с.

7 Пат. 2497348 Российская Федерация. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А. [и др.]. – Оpubл. 10.11.13, Бюл. № 31. – 5 с.

8 Пат. 2378824 Российская Федерация. Дождевальная машина / Нагорный В. А., Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А., Угनावый В. Л. – Оpubл. 20.01.10, Бюл. № 2. – 6 с.

9 Пат. 2410870 Российская Федерация. Дождевальная машина / Нагорный В. А., Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А. – Оpubл. 10.02.11, Бюл. № 4. – 7 с.

УДК 631.674.6

Р. А. Купединова

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОЛИВНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

В статье приведены результаты полевых и лабораторных исследований работоспособности поливной сети системы капельного орошения. Целью исследований являлось изучение закономерностей изменения технологических параметров поливной сети в процессе эксплуатации, а также разработка комплексных мероприятий по восстановлению ее работоспособности. Проанализированы основные причины засорения поливной сети в процессе эксплуатации. Проведенные полевые исследования на опытно-производственных объектах действующих систем капельного орошения в Южной Степи Украины показали, что процесс формирования засорений зависит от качества поливной воды. В результате снижаются расходно-напорные характеристики капельных водовыпусков. Их работоспособность на проектном уровне можно обеспечить путем проведения гидравлического промывания поливных трубопроводов, а также профилактического промывания химическими реагентами.

Ключевые слова: система капельного орошения, капельные водовыпуски, расходно-напорная характеристика, равномерность расхода, индекс стабильности.

Введение. На сегодняшний день на Украине капельным способом полива орошается более 75 тыс. га сельхозугодий, а согласно «Концепции восстановления и развития орошения» прогнозируется рост их площадей до 150–200 тыс. га [1, 2]. Достаточно быстро увеличиваются площади капельного орошения овощных, пропашных, многолетних культур и винограда, на которых обеспечивается основной их валовой сбор. Внедрение таких систем требует значительных капиталовложений, поэтому обеспечение работоспособности поливной сети на проектном уровне является важной составляющей технологии их эксплуатации.

Необходимым условием эффективной работы системы является предупреждение засорения капельных водовыпусков, которое обусловлено химическими, биологическими и физическими факторами [3]. В реальных условиях эксплуатации системы имеют место практически все факторы загрязнения. В результате происходит снижение интенсивности водоподачи капельных водовыпусков и, как следствие, равномерности орошения. Это приводит к увеличению продолжительности полива, расхода электроэнергии и уменьшению урожайности орошаемых культур.

Поэтому исследования работоспособности поливной сети, разработка комплекса мероприятий по поддержанию ее на проектном уровне и усовершенствование технологии эксплуатации актуальны для решения задачи эффективного использования системы капельного орошения.

Материалы и методы. Для подведения научной основы под проблему эксплуатации поливной сети были проведены исследования на экспериментальном стенде в сертифицированной лаборатории испытаний средств орошения ИВПиМ НААН и ГП «Центральная научно-исследовательская лаборатория качества воды и грунтов» ИВПиМ НААН, а также полевые исследования на действующих системах капельного орошения в условиях Южной Степи Украины.

Основным элементом системы капельного орошения является поливная сеть. Ее технологические параметры в процессе эксплуатации при использовании поливной воды разного качества изучали в полевых условиях на опытных участках. Важным фактором влияния на работоспособность поливной сети является качество воды, а основным лимитирующим показателем при выборе источника орошения, назначении методов и средств очистки воды, ее химобработки является индекс стабильности (I_c), который характеризует коррозионную способность воды и возможность выпадения в осадок труднорастворимых карбонатов кальция в результате нарушения карбонатно-бикарбонатного равновесия [4]. Для установления этих параметров проводили комплексный химический анализ проб поливной воды с определением биоразнообразия. Качество воды по степени воздействия на элементы системы определяли по ДСТУ 2730-1994 «Система стандартов в области охраны окружающей природной среды и рационального использования ресурсов. Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии» и пособию «Системы капельного орошения. Общие технические требования и методы определения технологических параметров» к ДБН В.2.4-1-99 «Мелиоративные системы и сооружения». Также устанавливали доминирующие группы водорослей с помощью светового микроскопа ULAB.

Определение параметров поливной сети в режиме гидравлического промывания включало исследования, которые базировались на математических зависимостях для неравномерного установившегося движения воды в трубопроводах [5].

Промывание поливной сети химическими реагентами как профилактическая мера поддержания работоспособности поливной сети осуществлялось посредством внесения химических реагентов в сеть в зависимости от качества поливной воды для полного

растворения загрязнений. Количество химических реагентов устанавливалось таким образом, чтобы водородный показатель (рН) раствора составлял от 2 до 3 [6]. Это подтверждается предыдущими исследованиями Босуэла и др. [7].

Результаты и обсуждение. В процессе эксплуатации поливной сети системы капельного орошения в результате использования поливной воды низкого качества, влияния окружающей среды и внесения удобрений с поливной водой происходит засорение капельных водовыпусков и, как следствие, равномерность орошения уменьшается.

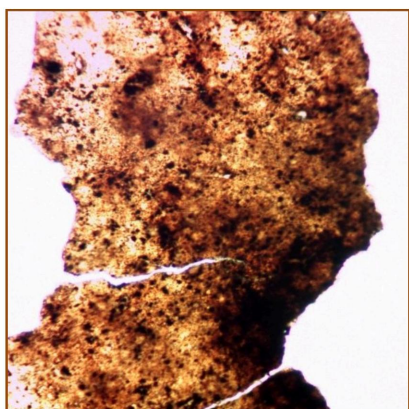
Нами были проведены полевые исследования трубопроводов со сроком использования 5–8 лет на действующих системах капельного орошения в условиях Южной Степи Украины в ПАО «Каменский», АФ «Совхоз «Белозерский», ГП «ДАФ им. Солодухина», ОАО «Радсад» и ГП «Совхоз-завод «Плодовое». В результате анализа пригодности поливной воды для орошения по агрономическим и техническим критериям было установлено, что вода пригодна для орошения (I класса качества) по всем показателям в ГП «ДАФ им. Солодухина» и АФ «Совхоз «Белозерский», а ограниченно пригодна (II класса качества) – в ОАО «Радсад» по всем показателям, ОАО «Каменский» с повышенным содержанием железа и ГП «Совхоз-завод «Плодовое» с угрозой токсического действия на растения.

Наиболее вариабельными показателями поливной воды были рН, минерализация, токсическая щелочность, концентрация токсичных ионов.

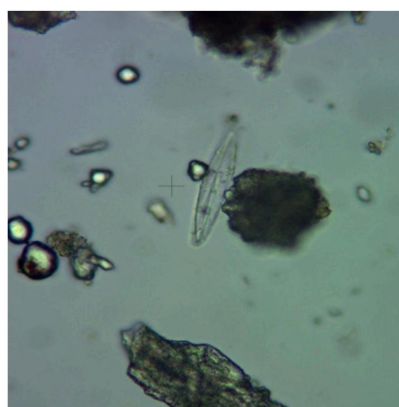
Проведенные полевые исследования на опытно-производственных объектах действующих систем капельного орошения показали, что процесс формирования загрязнений зависит от качества поливной воды. Эффективность капельного орошения зависит от равномерности распределения оросительной воды по длине поливного трубопровода, этот параметр в значительной степени определяется наличием загрязнений. Исследованиями установлена зависимость равномерности расходов капельных водовыпусков от качества воды в источнике орошения.

Так, при использовании воды из подземных источников на стенках поливных трубопроводов за счет повышенного содержания железа и сероводорода формируются загрязнения химического происхождения (рисунок 1, а). При таких условиях равномерность расходов капельных водовыпусков составляет 82–87 %.

При использовании для полива воды из поверхностных источников орошения (р. Днепр и р. Альма) в трубопроводах происходит формирование загрязнений биологического происхождения, в основном в виде водорослей. По результатам анализа их видового состава установлено доминирование представителей отдела диатомовых (рисунок 1, б).



а

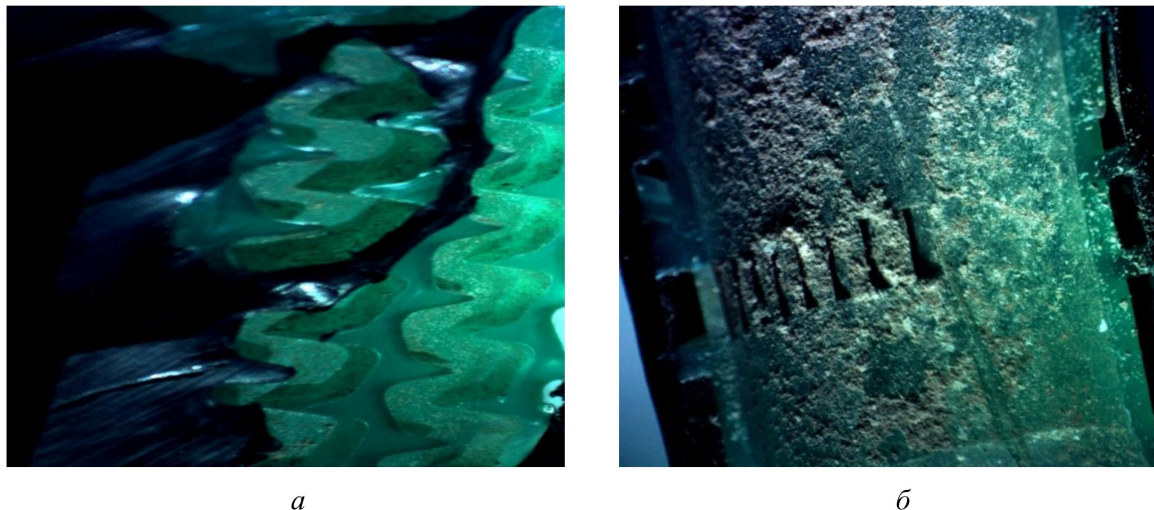


б

а – источник орошения – скважина; б – источник орошения – р. Днепр

Рисунок 1 – Общий вид загрязнений поливного трубопровода системы капельного орошения (× 40) (автор фото Р. А. Купединова)

Водоросли были представлены как в виде жизнеспособных форм, так и в виде тех, которые находились на различных стадиях распада. Кремнеземные панцири с учетом их устойчивости даже в мертвом состоянии составляют вполне реальную угрозу биологического засорения системы капельного орошения. Кроме того, во входных отверстиях капельных водовыпусков выявлено наличие илистых частиц почвы, песка и детрита в сочетании с диатомовыми водорослями. При этом лабиринты капельных водовыпусков за счет турбулентного режима движения воды в них были заилены частично (рисунок 2).



а – лабиринт капельного водовыпуска; б – входное отверстие капельного водовыпуска

**Рисунок 2 – Загрязнение капельных водовыпусков поливного трубопровода
(автор фото Р. А. Купединова)**

В результате равномерность расходов капельных водовыпусков поливной сети с использованием воды открытых источников снижается до 80–84 %.

Индекс стабильности поливной воды на объектах исследования находился в пределах 0,42–0,07. При его положительном значении процесс изменения агрегатного состояния химических веществ ускоряется, при отрицательном – замедляется.

Исследовано также изменение расходно-напорных характеристик капельных водовыпусков в процессе эксплуатации в течение трех лет. Установлено, что капельные водовыпуски имеют тенденцию к уменьшению расхода воды во времени, а следовательно, и к изменению их расходно-напорных характеристик. За период эксплуатации расходы капельных водовыпусков снизились в среднем на 15 %.

Характерной особенностью является то, что в межполивной период под действием температуры химические вещества, находящиеся в поливной воде, образуют соли. Загрязнения агрегируются в агломераты, их гидравлическая крупность увеличивается, в результате под действием гравитационных сил происходит седиментация взвешенных веществ. Таким образом, происходит вторичное загрязнение поливной сети.

В случае отсутствия мер по удалению загрязнений из поливных трубопроводов со временем все капельные водовыпуски могут быть заилены и система капельного орошения потеряет свое функциональное назначение.

Работоспособность капельных водовыпусков на проектном уровне можно обеспечить при проведении таких мероприятий, как гидравлическое промывание поливных трубопроводов и профилактическое промывание их химическими реагентами.

Гидравлическое промывание можно осуществить двумя способами: открытием концевой заглушки (ручным промыванием) или установкой в конце поливных трубопроводов самопромывных устройств (автоматическим промыванием).

Такая мера используется, когда загрязнения в поливной сети находятся во взвешенном состоянии и имеет место условие:

$$F_c < F = 10^{-2} 9,81 \gamma \omega \Delta p,$$

где F_c – адгезионная сила сцепления частиц загрязнений с поверхностью внутренних стенок водопропускных элементов системы, Н;

F – самопромывная способность потока воды;

γ – удельный вес воды, т/м³;

ω – живое сечение потока воды, м²;

Δp – потеря давления в водопропускных элементах системы, МПа.

По данным исследований, удаление осадка путем гидравлического промывания происходит при скорости потока воды от 0,25 до 0,3 м/с (рисунок 3). При такой скорости вымываются частицы размером от 0,09 до 0,25 мм (рисунок 4).

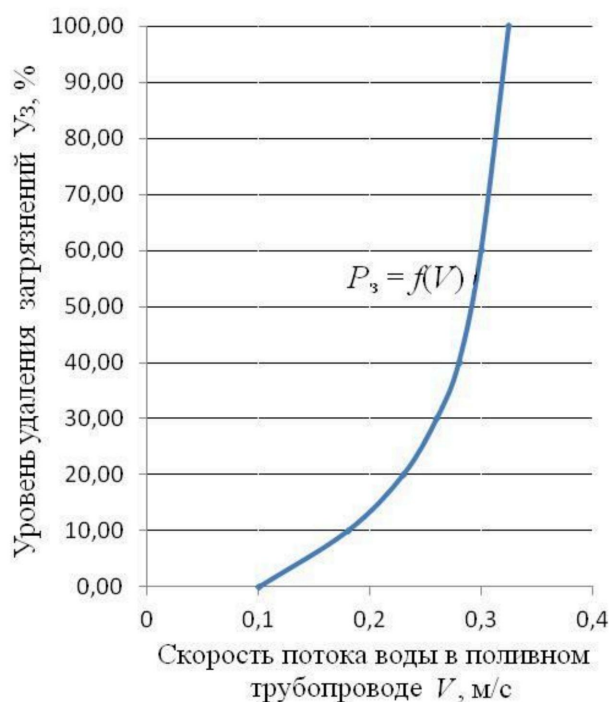


Рисунок 3 – Зависимость процесса удаления загрязнений из поливного трубопровода от скорости потока воды

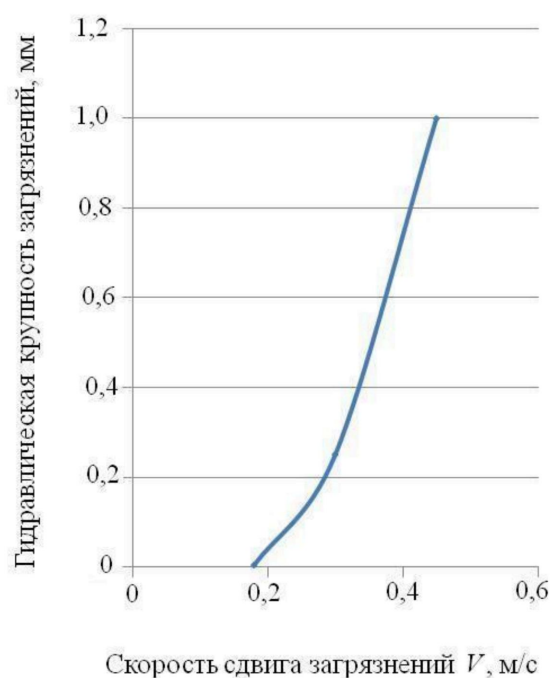
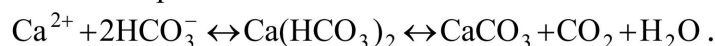


Рисунок 4 – Зависимость скорости сдвига загрязнений от их гидравлической крупности

Результатами исследований установлено, что в процессе гидравлического промывания вымываются только загрязнения, которые находятся во взвешенном состоянии. Соли, входящие в состав поливной воды и удобрений, образуют труднорастворимые гидрокарбонаты кальция и магния, которые составляют техническую проблему загрязнения поливной сети.

Реакция образования карбонатных отложений относится к обратимым, то есть может протекать в обоих направлениях:



Реакция может смещаться в обратную сторону при повышении содержания углекислоты: карбонат кальция растворяется, образуя водорастворимую соль – гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

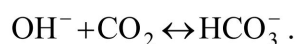
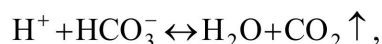
Таким образом, влиять на направление реакции можно, изменяя условия ее прохождения, а именно концентрацию реагентов или pH раствора.

В результате нейтрализации осадка, образованного карбонатными солями, проводили путем снижения рН водного раствора.

В опытах изучено влияние доз кислот на изменение значений водородного показателя рН с целью дальнейшего использования раствора для промывания поливной сети системы капельного орошения.

При появлении признаков загрязнения в поливных трубопроводах, которые не удаляются путем проведения гидравлического промывания, поливную сеть промывали химическими реагентами с рН раствора в пределах 2–3.

При определенных объемах кислоты, которая вносилась для промывания сети, происходит ее нейтрализация растворенными в поливной воде гидрокарбонат- и гидроксид-ионами:



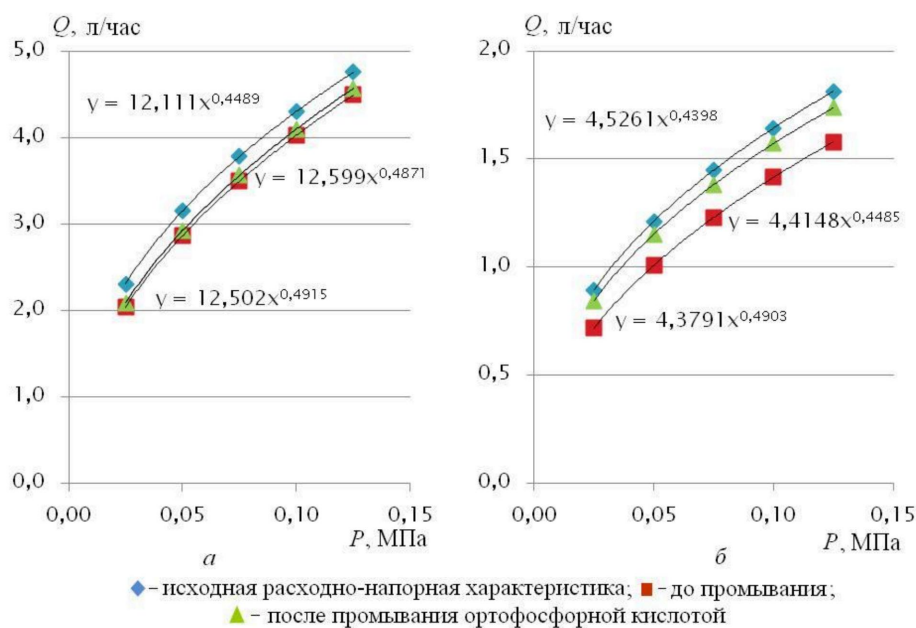
При увеличении объема кислоты наблюдается снижение рН оросительной воды.

Обработка и анализ данных, полученных в результате эксперимента, позволили выявить некоторые закономерности влияния различных доз на нейтрализацию щелочности природной воды и изменение ее химического состава. Исследованиями установлено, что после внесения кислот концентрацией 0,02 % водородный показатель исходной воды снижается с 7,00–7,50 до 2,55–3,80.

Влияние дозы кислоты на уменьшение величины водородного показателя рН природной воды имеет тесную обратную корреляционную связь с коэффициентами корреляции в зависимости от кислоты, которая вносится.

Количество раствора зависит от общего объема поливной сети и необходимого количества циклов подачи до полного растворения загрязнений.

Эффективность промывания поливных трубопроводов зависит от источника орошения и качества воды в нем. Сравнение расходно-напорных характеристик капельных водовыпусков, для эксплуатации которых используется вода поверхностных и подземных источников, после промывания раствором химических реагентов показало, что расходы капельных водовыпусков восстанавливаются до 92,9 % (рисунок 5).



a – источник орошения – скважина; *б* – источник орошения – р. Днепр

Рисунок 5 – Изменение расходно-напорных характеристик капельных водовыпусков в процессе эксплуатации

Выводы

1 Проведенные полевые исследования на опытно-производственных объектах действующих систем капельного орошения в условиях Южной Степи Украины показали, что процесс формирования загрязнений в поливной сети зависит от качества поливной воды.

2 Установлено, что при использовании воды из подземных источников на стенках поливных трубопроводов за счет повышенного содержания железа и сероводорода формируются загрязнения химического происхождения. При таких условиях равномерность расходов капельных водовыпусков составляет 82–87 %. При использовании воды из поверхностных источников орошения (р. Днепр, Альма) в трубопроводах происходит формирование загрязнений биологического происхождения, в основном в виде водорослей, с доминированием представителей отдела диатомовых. В результате равномерность расходов капельных водовыпусков поливной сети с использованием воды из открытых источников снижается до 80–84 %.

3 По результатам исследований, скорость потока воды при периодическом гидравлическом промывании должна составлять от 0,30 м/с, при систематическом – от 0,15 м/с. Продолжительность промывания поливных трубопроводов в зависимости от способа промывания и объема накопленных загрязнений составляет от 1–4 мин.

4 Установлено, что в процессе гидравлического промывания удаляются только загрязнения, которые находятся во взвешенном состоянии. При появлении признаков загрязнений, которые агрегируются в агломераты и приводят к снижению равномерности расходов капельных водовыпусков, необходимо применять промывания поливной сети химическими реагентами. Минимизировать процессы накопления загрязнений и снизить риск образования труднорастворимых соединений можно при поддержании pH водного раствора в пределах от 2 до 3, что обеспечит отрицательный индекс стабильности воды.

Список использованных источников

1 Концепция восстановления и развития орошения в южном регионе Украины / под ред. М. И. Ромащенко. – Киев: ЦП «Компринт», 2014. – 28 с.

2 Концепция развития микроорошения в Украине до 2020 г. / под ред. М. И. Ромащенко. – К.: «ДИА», 2012. – 20 с.

3 Пастухов, В. И. Подготовка воды для капельного орошения [Электронный ресурс] / В. И. Пастухов, В. В. Тарасенко // Труды Таврийского государственного агротехнологического университета. – 2013. – Т. 3, вып. 13. – С. 129–133. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ptdau_2013_3_13_21.pdf.

4 Журба, М. Г. Микроорошение. Проблемы качества воды / М. Г. Журба. – М.: Колос, 1994. – 280 с.

5 Исследования параметров промывания поливной сети системы капельного орошения в процессе эксплуатации / Р. А. Купединова, А. Т. Калеников, В. С. Майданович [и др.] // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». – Симферополь, 2013. – Вып. 156. – С. 144–150.

6 Купединова, Р. А. Промывание поливной сети системы капельного орошения / Р. А. Купединова, А. Т. Калеников // Достижения и перспективы развития водохозяйственной отрасли: к 100-летию со дня рождения Гаркуши М. А. – первого министра мелиорации и водного хозяйства Украины: сб. материалов междунар. науч.-практической конф., г. Киев, 11–12 сентября 2014 г. – К.: РВС-ПРИНТ, 2014. – С. 90–92.

7 Босуэл, М. Дж. Проект руководства по микроорошению / М. Дж. Босуэл. – Австралия: «Торо», 1998. – 120 с.