

УДК 628.33

**М. Ю. ГУТАРОВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОКОВ КАК ПУТЬ РЕШЕНИЯ НЕРАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ**

**Аннотация.** Современный мир все чаще сталкивается с проблемой нерационального использования питьевой воды. Перед учеными и инженерами стоит задача решения данной проблемы без вреда для окружающей среды. В статье рассмотрены основные факторы дефицита водных ресурсов и как путь решения проблемы водопотребления – использование канализационных стоков. Были приведены общие понятия о «серых» водах, их область применения, оборудование для обработки «серых» вод и современные санитарно-технические приборы с технологией использования «серых» вод, результаты исследования общественного мнения о вторичном использовании «серых» вод. На основании последних публикаций, а также проведенных ранее исследований была выполнена оценка потребности в воде на одного человека при использовании воды из системы холодного водоснабжения с использованием повторной очистки «серых» вод.

**Ключевые слова:** сточные воды, «серые» и «черные» воды, дефицит воды, повторное использование воды, оборудование для очистки «серых» вод, санитарно-технические приборы с технологией использования «серых» вод, исследование, общественное мнение.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Современный мир все чаще сталкивается с проблемой дефицита водных ресурсов, что влечет за собой катастрофические последствия в водопользовании населением. Около 40 % населения в мире страдают от недостатка воды. По состоянию на август 2019 г. около 2,6 миллиардов человек живут в странах с кризисным состоянием потребления и использования водных ресурсов [1]. Самый высокий дефицит воды испытывает на себе Ближний Восток, Австралия, Средиземноморье и Юго-Запад США. Прогноз на 2030 год неутешительный – 700 млн человек могут стать беженцами из-за нехватки воды.

Среди ряда факторов нехватки воды можно выделить основные три. Первый фактор – глобальное изменение климата. Согласно ЮНЕСКО, это приводит к увеличению засух и наводнений, которые оказывают непосредственное влияние на население. Второй фактор – забор воды и ее распределение. С 1961 года по 2014 год уровень забора воды увеличился в 2,5 раза. На потребности домашнего хозяйства уходит 10 % мировой добываемой воды, на орошение земли (ирригация) уходит большая часть воды [2]. Третий фактор – мировые конфликты. Это касается Стран Ближнего Востока.

Решение данной проблемы без вреда для окружающей среды возможно за счет вторичного использования сточных вод. Оно приобрело свое распространение прежде всего за рубежом – в Великобритании, США, Канаде и Странах Ближнего Востока, где ситуация с кризисом воды более напряженная. В странах постсоветского пространства такие системы очистки не имеют большой популярности в основном из-за культуры водопользования и нерационального подхода к использованию воды, заложенного еще с советских времен.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Различают два вида загрязнений сточных вод – «черные» и «серые». «Черные» воды поступают из туалетов (фекальные), а «серые» воды – воды, загрязненные моющим веществом и жиром и не содержащие фекалий. «Серые» поступают из умывальников, душевых кабин, ванн, стиральных

машин и раковин. По степени и типу загрязнения подразделяют воду на более пригодную к рециркулированию (вода из душевой) и на менее пригодную (вода из кухонь) [3]. После очистки «серую» воду можно использовать в качестве технической воды для смыва унитазов, а также для поливки придомовой территории или же проезжей части города. Своим качеством после очистки сточная вода аналогична дождевой.

В среднем потребитель использует около 200...250 литров воды в день на хозяйственно-бытовые нужды (без учета смыва унитаза), что и является «серой» водой. В таблице 1 указан полный ежедневный объем сточных вод от разных санитарно-технических приборов [4].

**Таблица 1** – Источники сточных вод и их расход в день

№	Источники	Тип	Объем воды, л
1	Унитаз	«Черные»	20...30
2	Ванна	«Серые»	150
3	Душ	«Серые»	80
4	Кухонная раковина	«Серые», «черные»	20...55
5	Стиральная машина (при стирке 1 раз в неделю)	«Серые»	50
6	Умывальник	«Серые»	4...20

Как видно из таблицы, не менее 50 % стоков после очистки может быть вторично использовано. Данный факт требует дальнейших исследований.

В населенных пунктах «серые» воды могут быть использованы на хозяйственно-бытовые и муниципальные нужды, для промышленных предприятий и сельского хозяйства (система орошения).

На хозяйственно-бытовые нужды использование стоков разрешается в том случае, когда обеспечена полная безопасность для окружающей среды и исключен риск для местного населения в санитарно-гигиеническом отношении.

Для муниципальных потребностей использование сточных вод предусматривается для мойки автодорог, тротуаров и мостов; предварительно очищенные воды применяют при поливке участков озеленения, садов, парков и спортивных площадок.

Для сельскохозяйственных угодий очищенные стоки применяют в удаленных районах. Запрещается применять сточную воду, которая полна не совместимым с сельским хозяйством химическим составом (превышение натрия и кальция). Технология очистки сточных вод для сельского хозяйства различается в зависимости от видов культур: для орошения культур, предназначенных для употребления в пищу в сыром виде, вода должна пройти осветление флокуляцией, фильтрацию и дезинфекцию; для орошения садов и пастбищ применяют исключительно осветление флокуляцией и дезинфекцию.

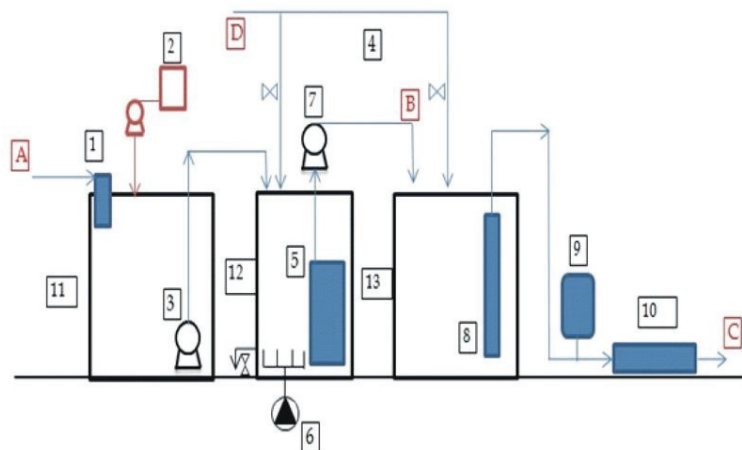
Вторичное использование очищенных стоков возможно и на промпредприятиях, где необходимы большие объемы воды. Следует понимать, что для каждого производства требования к качеству воды разные, поэтому используются разные технологии очистки [5].

**Целью работы** является исследование использования «серых» вод и возможного снижения водопотребления населением при этом.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ.

**Оборудование для очистки «серых» вод.** Для очистки «серых» вод наиболее подходящими являются биологическая и механическая очистки. Так как «серые» воды используют в качестве технической воды, то перед ее вторичным применением стоки проходят осветление флокуляцией, фильтрование и дезинфекцию. В «серых» стоках присутствуют микроорганизмы, они не могут быть полностью удалены ни при отстаивании, ни в биофильтрах, поэтому после механической очистки необходимо обеззараживать сточные воды [6, 7].

Процесс очистки «серых» вод представлен на рисунке на примере очистных сооружений AS – Gray WATER, которые обеспечивают предварительную механическую очистку воды, сбор воды, биологическую очистку и фильтрацию, перекачку воды в систему распределения и дополнение системы питьевой водой в случае недостатка «серых» вод [3].



**Рисунок** – Технологическая схема очистки «серых» вод на очистных сооружениях AS – Gray WATER [3]: 1 – мелкосетчатый фильтр, 2 – дозирование NaOH, 3 – перекачивание «серых» вод в реактор; 4 – подвод питьевой воды; 5 – мембранный модуль; 6 – воздуходувка; 7 – насос для чистой воды, прошедшей через мембрану; 8 – погружной насос ATS; 9 – мембранная напорная емкость; 10 – УФ-лампа; 11 – усреднительный резервуар для серых стоков; 12 – зона реакции; 13 – резервуар для сбора очищенной воды; А – серые стоки; В – чистая вода, прошедшая через мембрану; С – очищенная вода; D – питьевая вода.

**Современные санитарно-технические приборы с технологией использования «серых».** При существовании многообразия санитарно-технического оборудования стоит отметить ряд агрегатов, с использованием «серых» вод. Одним из них является гибрид – раковина, расположенная на бачке унитаза. Такое решение предлагает испанская компания Роса. Создатели конструкции, которая имеет название W+W, использовали принцип повторного использования воды путем соединения компактной подвесной раковины с унитазом. Из раковины она проходит через фильтр, который избавляет ее от неприятного запаха и бактерий и оказывается в сливном бачке унитаза, а далее используется для смыва. Такая конструкция позволяет сократить потребление воды на 25 % [8], а также имеет привлекательный дизайнерский вид и экономит пространство.

Еще одним примером ресурсосберегающей конструкции являются стиральные машины WashUP. Экономичность таких машин заключается в том, что вода после полоскания используется на смыв бачка. Особенность конструкции позволяет подвешивать машину прямо над унитазом, что, помимо воды, существенно экономит ещё и пространство ванной. В итоге вместо чистой воды на смыв унитаза тратится та, которой никто не будет пользоваться, при этом сама конструкция подключена к водопроводу и в случае необходимости бачок будет заполнен водопроводной водой [8].

**Общественное мнение о вторичном использовании «серых» вод.** Для повторного применения «серых» вод последнее десятилетие было проведено ряд исследований, которые показали значительный результат признания обществом повторного водопользования. В частности, это касается промышленных объектов, полива придомовых территорий, пожаротушения и мытья автомобилей. В свое время такие опросы были проведены в Канаде, ОАЭ, Словакии, Польше и ряде других стран.

С февраля по июнь 2013 года было проведено исследование в Аль-Айне (ОАЭ). Респонденты были выбраны случайным образом – около 50 % мужчин и 50 % женщин. Были выдвинуты вопросы о повторном использовании «серой» воды для промывки туалета, принятия душа, уборки дома, стирки, мытья посуды и садоводства.

В опросе около 70 % респондентов согласились с тем, что «серую» воду можно повторно использовать в садоводческих целях и 18 % согласились повторно использовать «серую» воду для смыва в туалете. Респондентами были выделены основные проблемы, связанные с повторным использованием «серой» воды – риск распространения заболеваний в результате воздействия микроорганизмов, загрязнение почвы из-за различных загрязнителей в «серых» водах [9].

Похожий опрос был проведен в 2018 году в Подкарпатской области, которая находится в юго-восточной части Польши [10]. Было опрошено 200 респондентов, из которых почти 60 % были женщины. 48 % респондентов считают, что в Польше существует проблема нехватки питьевой воды. Опрошенные предлагают следующие пути по сохранению водных запасов: закрытие крана при чистке зубов (67 %); включение стиральной машины только при полной загрузке (63 %); вместо душа – купание в ванне (57 %); запуск посудомоечной машины только при полной загрузке (39 %).

Большинство респондентов отрицательно относятся к использованию «серой» воды в своих домах (79 %). Самое большое нежелание вызывало использование очищенной «серой» воды для мытья посуды (57 %), уборки (49 %), полива сада (38 %), автомойка (28 %) и смывание туалета (27 %). Основные причины, по которым респонденты не хотели бы использовать систему «серых» вод в их домашнем хозяйстве, являются гигиена (50,5 %) и инвестиционные расходы (14 %).

Полученные результаты показали, что, по всей вероятности, основная причина отрицательных ответов – низкая осведомленность общества о водных ресурсах и возможности частичной замены альтернативными источниками воды. Также существует общественное убеждение, считающее подобные установки убыточными. Это также было подтверждено результатами опроса, где 80 % респондентов указали, что субсидии предоставят им больший стимул для внедрения этих систем.

На основании проведенного анализа публикаций и проведенных ранее исследований водопотребления при нестабильной подаче воды была выполнена оценка потребности в воде на одного человека (в семье из трех человек) при работе простой системы холодного водоснабжения и системы холодного водоснабжения с использованием повторной очистки «серых» вод по аналогии с таблицей 2.7 [11]. Результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Оценка потребности в воде на одного человека (в семье из трех человек)

Процедура		Потребность в воде на одного человека		
		л/(сут.чел.)		Частота потребления
		Простая системы холодного водоснабжения	Система холодного водоснабжения с использованием повторной очистки «серых» вод	
Питье	Использование родниковой воды	2,0	2,0	каждый день
	Фильтрация водопроводной воды	2,0	2,0	
Приготовление пищи	Использование родниковой воды	1,0	1,0	каждый день
	Фильтрация водопроводной воды	5,0	5,0	
Мытье посуды	Ручное мытье водопроводной водой	12,0	12,0	каждый день
	Посудомоечная машина водопроводной водой	7,0	7,0	
Стирка	Ручная стирка водопроводной водой	5,0	5,0	один раз в неделю
	Стирка в стиральной машине	3,0	3,0	
Уборка квартиры	Включает: полив цветов, мытье пола, влажная уборка, мытье окон	1,1	1,1	один раз в неделю
Умывание и чистка зубов	Фильтрованной водопроводной водой	10,0	10,0	каждый день
Душ, ванна	Водопроводной водой	120	120,0	каждый день
Сливной бачок	Водопроводной водой	30,0	использование только «серых» вод	каждый день
Домовые потребности	Мытье подъезда	0,05	использование только «серых» вод	2 раза в месяц
	Мытье машины	3,0	использование только «серых» вод	
Для домашних животных	Питье, приготовление пищи	0,3	0,3	каждый день
	Купание	1,5	1,5	
ИТОГО:		200,0	167,0 без учета «серых» вод	
Сливы, нерациональные расходы, внутридомовые утечки (25 %)		50,0	17,0...25,0 (10...15 %)	
ВСЕГО:		250,0	184,0...192,0	

Если предположить, что весь расход воды для сливного бачка, мытье подъезда, мытье машины, частично на уборку квартиры (мытьё пола, окон) будет перекрыт «серыми» водами от мытья посуды, стирки, гигиенических процедур, то возможно сокращение водопотребления минимум на 33 л в сутки. При этом возможно снижение нерационального расходования воды и сливов. Данные расходы воды будут поступать в систему для повторного использования и даже при минимальных сливах, нерациональных расходах и внутридомовых утечках в 10...15 % сокращение водопотребления составит 58...66 л в сутки на человека или в среднем сократится на 25 %.

## ВЫВОДЫ

1. Снижение расхода питьевой воды на хозяйственные нужды возможно за счет повторного использования «серых» вод после мытья посуды, стирки, гигиенических процедур на смыв унитаза, поливку придомовой территории.
2. Вторичное использование воды экологически безопасно для окружающей среды.
3. Применение современных санитарно-технических приборов с использованием «серых» вод позволит не только снизить питьевое водопотребление, но и создаст свободное пространство в санузлах и ваннных комнатах. Недостатком данных установок является цена. Например, выше упомянутая модель W+W стоит примерно 4 000 долларов. Возможно, со временем при более широком использовании данного вида оборудования будут появляться более дешевые аналоги.
4. Сельское хозяйство и промышленные предприятия активно применяют повторное использование «серых» вод, а вот с городскими сточными водами ситуация неоднозначная. Технология применения «серых» вод проводится в небольших масштабах и находится еще на экспериментальном уровне. Сложности возникают как с правилами утилизации, отсутствием законодательной поддержки, так и психологическим барьером восприятия общества повторного использования «серых» вод.
5. Основной проблемой в использовании «серых» вод является неинформированность населения об установках очистки, санитарно-технических приборах с повторным использованием сточных вод, качестве повторно используемой воды, экономических аспектах в снижении общего водопотребления.
6. Проведенный анализ последних исследований и публикаций показывает, что за счет повторного использования воды возможно снижение водопотребления населением на 25 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пабло, У. Дефицит воды может привести к массовой миграции и войнам [Электронный ресурс] / У. Пабло // BBS News. – Режим доступа : <https://www.bbc.com/russian/features-49322390>.
2. Воронин, Н. В индийском Ченнаи с населением 9 млн закончилась вода. Что там происходит? [Электронный ресурс] / Н. Воронин // BBS News. – Режим доступа : <https://www.bbc.com/russian/news-48719889>.
3. Энергия серых вод [Электронный ресурс] // ASIO. – [2011–2020]. – Режим доступа : <https://www.asio.cz/ru/energiya-serykh-vod>.
4. Как сточные воды использовать повторно? [Электронный ресурс] // Агрокультура. – [2008–2010]. – Режим доступа : <http://agracultura.org/practical/kak-stochnye-vody-ispolzovat-povtorno/>.
5. Вторичное использование сточных вод [Электронный ресурс] / Пер. с итал. С. Н. Булекова // RCI. – 2006. – № 2. – Режим доступа : [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3290](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3290).
6. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] : учебник для вузов / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
7. Муллина, Э. Р. Химические аспекты процесса хлорирования воды [Электронный ресурс] / Э. Р. Муллина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12-4. – С. 609–613. – Режим доступа : <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10890>.
8. Устройства «два в одном» [Электронный ресурс] // DA-VODA. – [2017]. – Режим доступа : <http://www.davoda.com/gadzhety/ustrojstva-dva-v-odnom/>.
9. Quantitative assessment of residential water end uses and greywater generation in the City of Al Ain [Electronic resource] / Rezaul K. Chowdhury, Walid Elshorbgy, Mwafag Ghanma, Assem El-Ashkar // Water Science & Technology Water Supply. – 2015. – 15(1):114. – P. 114–123. – Access mode : [https://www.researchgate.net/publication/272399037\\_Quantitative\\_assessment\\_of\\_residential\\_water\\_end\\_uses\\_and\\_greywater\\_generation\\_in\\_the\\_City\\_of\\_Al\\_Ain](https://www.researchgate.net/publication/272399037_Quantitative_assessment_of_residential_water_end_uses_and_greywater_generation_in_the_City_of_Al_Ain).
10. Novak, C. A. Designing Rainwater Harvesting Systems: Integrating Rainwater into Building Systems [Electronic resource] / Celeste Allen Novak, Eddie Van Giesen, Kathy M. DeBusk. – Canada : John Wiley & Sons. – 2014. – 312 p. – Access mode : <https://www.studocu.com/row/document/orta-dogu-teknik-ueniversitesi/waste-water/lecture-notes/designing-rainwater-harvesting-systems-integrating-rainwater-into-building-systems-by-celeste-allen-novak-gedward-van-giesen-and-kathy-m-debusk/5731953/view>.

11. Гутарова, М. Ю. Нормирование водопотребления населением городов в условиях нестабильной подачи воды [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.04 / Гутарова Марина Юрьевна. – Макеевка, 2017. – 183 с.

Получена 04.09.2020

М. Ю. ГУТАРОВА  
ВИКОРИСТАННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТОКІВ ЯК ШЛЯХ ВИРІШЕННЯ  
НЕРАЦІОНАЛЬНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ  
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Сучасний світ все частіше стикається з проблемою нераціонального використання питної води. Перед вченими та інженерами постає завдання вирішення даної проблеми без шкоди для навколишнього середовища. У статті розглянуто основні чинники дефіциту водних ресурсів і як шлях вирішення проблеми водоспоживання – використання каналізаційних стоків. Були наведені загальні поняття про «сірі» води, їх сфера застосування, обладнання для обробки «сірих» вод і сучасні санітарно-технічні прилади з технологією використання «сірих» вод, результати дослідження громадської думки про вторинне використання «сірих» вод. На підставі останніх публікацій, а також проведених раніше досліджень була виконана оцінка потреби у воді на одну людину при використанні води із системи холодного водопостачання з використанням повторного очищення «сірих» вод.

**Ключові слова:** стічні води, «сірі» та «чорні» води, дефіцит води, повторне використання води, обладнання для очищення «сірих» вод, санітарно-технічні прилади з технологією використання «сірих» вод, дослідження, громадська думка.

MARINA GUTAROVA  
USE OF SEWAGE AS A WAY TO SOLVE THE IRRATIONAL WATER  
CONSUMPTION OF  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The modern world is increasingly confronted with the problem of unsustainable use of drinking water. Scientists and engineers face the challenge of solving this problem without harming the environment. The article discusses the main factors of water scarcity and how to solve the problem of water consumption – the use of sewage. General concepts about «grey» waters, their area of use, equipment for the treatment of «grey» water and modern sanitary devices with the technology of using «grey» water, the results of a public opinion study on the secondary use of «grey» waters were given. Based on recent publications, as well as previous studies, an assessment of the need for water per person when using water from the cold water system using the re-cleaning of «grey» water was made.

**Key words:** waste water, «grey» and «black» water, water scarcity, water reuse, equipment for the treatment of «grey» water, sanitary appliances with technology for the use of «grey» water, research, public opinion.

**Гутарова Марина Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: нормирование водопотребления населением городов.

**Гутарова Марина Юрьевна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: нормування водоспоживання населенням міст.

**Gutarova Marina** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Municipal Building and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: regulation of water consumption by urban population.