

УДК 628.3:628.4.046

Л. Ф. ДОЛИНА^{1*}, П. Б. МАШИХИНА^{2*}, Д. А. ДОЛИНА^{3*}

^{1*}Каф. «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 273 15 09, эл. почта water.supply.treatment@gmail.com, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Каф. «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 273 15 09, эл. почта gidro_eko@ukr.net, ORCID 0000-0003-3057-9204

^{3*}Главное управление Государственной фискальной службы (ГФС), ул. Шолуденко, 33, Киев, Украина, 04116, тел. +38 (050) 164 22 32, эл. почта dogni06@gmail.com, ORCID 0000-0000-0002-2962-2722

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОСТАТКОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ И ПЛАСТИКА

Цель. Основная цель статьи – разработать технологию очистки воды от остатков масло-жиро-крем содержащих лекарств, в частности технологию очистки городских (муниципальных) сточных вод от пластика и остатков лекарственных препаратов. **Методика.** Исследования выполнены на основании анализа научных источников и отчетных данных о наличии лекарств и пластика в воде Украины, европейских странах, США. **Результаты.** Авторы представляют результаты комплексного рассмотрения вопросов, связанных с определением наличия лекарств в различных водах, их концентраций и наиболее опасных лекарственных препаратов-токсикантов. Медикаменты и пластик могут накапливаться не только в организме людей и животных, но и в морской и речной рыбе и т. д. Присутствие в организме лекарств и пластика оказывает негативное влияние на здоровье. Очистные сооружения Украины и мира недостаточно приспособлены для обнаружения в воде лекарств и пластика, её очистки. **Научная новизна.** Авторы этой статьи провели исследования по определению содержания пластика в питьевой водопроводной воде городов Днепра и Запорожья. В питьевой воде из-под крана содержится меньше частиц пластика, чем в бутилированной воде известных украинских торговых брендов. Разработаны технологические схемы по очистке сточных вод фармацевтических предприятий по изготовлению кремов, мазей, масел и другой продукции для лечения и косметических целей. Предложены сооружения и методы для очистки вод от указанных загрязнений, которые не использовали ранее на станциях очистки вод, но успешно применяют в других отраслях промышленности. **Практическая значимость.** Применение в Украине экологически эффективных технологий позволит получать высококачественную питьевую воду, однако потребует переоборудования и реконструкции водоочистных станций. Для этого нужно предусмотреть соответствующие статьи по основному финансированию. В настоящее время в Украине (даже в Киеве) нет станций по очистке питьевой и сточных вод, на которых бы использовались современные технологии и сооружения, а ведь качественная вода – это здоровье и жизнь людей.

Ключевые слова: очистка сточных вод; очистка питьевой воды; пластик в сточной и питьевой воде; лекарства в сточных водах; новые источники питьевой воды; технологическая схема по очистке воды; концентрация опасных лекарств в воде

Введение

Сегодня происходит интенсивное загрязнение вод Земли медицинскими препаратами и пластиком. В ходе исследований последних лет было найдено большое количество медицинских, ветеринарных препаратов и пластика во многих экосистемах земного шара, даже в таких далёких местностях, как Арктика и Антарктида.

На наш взгляд, если не принимать серьезных мер, то вред от лекарств может превзойти их пользу. Необходимо переходить на производство экологически чистых лекарств (экологически безопасных) и совершенствовать методы и технологию очистки вод.

Мониторинг качества воды в различных странах мира показал, что она загрязнена лекарствами и пластиком в той или иной степени, но особенно вблизи всех крупных городов. Остатки лекарств и пластика в воде приводят

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

к появлению неизвестных болезней. Длительное время было принято считать, что после использования лекарства полностью разрушаются. Теперь установлено, что более половины употреблённых лекарств покидают организм в биологически активной форме, т. е. практически не теряют своих свойств. Они в большом количестве попадают в сточные воды, а оттуда в источники питьевой воды.

В настоящее время нет очистных сооружений, которые могут удалять метаболиты лекарств или других нерегулируемых загрязнителей, таких как средства личной гигиены. Метаболиты лекарственных препаратов – это полярные водорастворимые вещества, которые образуются вследствие физико- и биохимических процессов [13]. Химические реакции метаболитов в водной экосистеме до сих пор полностью не изучены. Нужно учитывать, что лекарства первоначально разрабатывают с высокой биологической активностью, и, как правило, они имеют высокую устойчивость в окружающей среде. Поскольку во многих случаях они не поддаются биологическому разложению, даже низкая концентрация лекарств и их метаболитов может накапливаться в организме людей, животных и рыб [15].

Существует большое количество путей, которыми лекарства поступают в поверхностные воды. Основными из них являются: сточные воды фармацевтических предприятий, городские (муниципальные) очистные сооружения, больницы и свалки.

На сегодняшний день лучше всего изучен процесс поступления лекарств в окружающую среду через муниципальные очистные сооружения. Установлено, что не только туалет, но и ванна, и стиральная машина служат источником загрязнения озёр, рек и океанов за счёт смывания в канализацию остаточных веществ лекарственных кремов, лосьонов, мазей и гелей [4]. Являясь активными веществами, фармацевтические ингредиенты попадают в водостоки и потенциально загрязняют воду и почву. К таким веществам относятся стероиды (например, кортизон и тестостерон), средства от акне

и другие препараты. Также отмечено, что в отличие от препаратов внутреннего применения, наружные лекарственные средства, смываемые с водой, содержат неметаболизируемые лекарства в своей полной форме [8].

Концентрация лекарств разная, но в целом невелика, однако учёных всерьёз беспокоят возможные последствия длительного употребления пусть и незначительных доз лекарств с питьевой водой.

Наибольшая опасность от наличия лекарств в воде состоит в том, что все эти химические вещества потребляют вместе. Исследователи не знают, какое влияние на организм оказывают комбинации фармацевтических препаратов.

Цель

Качество питьевой воды волнует миллионы людей в Украине и мире, независимо от регионов, в которых они проживают.

Целью нашей статьи является анализ наличия в воде Украины и мира остаточного количества лекарственных препаратов, а также разработка на основании мирового и собственного опыта технологии очистки воды от остатков масло-жиро-крем содержащих лекарственных кремов, в частности технологии очистки муниципальных (городских) сточных вод.

Методика

Сточные воды предприятий по производству лекарственных препаратов образуются [9]:

- при подготовке сырья;
- в технологических процессах получения промежуточных и готовых продуктов;
- при регенерации и утилизации растворителей;
- при водной очистке газовых выбросов;
- в процессах фильтрации, экстракции, химической очистки препаратов;
- при промывке оборудования и т. д.

В табл. 1 и 2 приведена характеристика производственных сточных вод, которые образуются при получении некоторых распространённых лекарственных препаратов [9].

Таблица 1

Характеристика сточных вод предприятий по производству лекарственных препаратов (общий сток)

Вид продукции	Среднее годовое к-во сточных вод, м ³ на 1 т продукции	Концентрация загрязнений, мг/дм ³						Биологическое потребление кислорода (БПК _п), мгО ₂ /дм ³	Химическое потребление кислорода (ХПК), мгО ₂ /дм ³	рН	
		Взвешенные вещества	Азот аммонийный	Хлориды	Сульфаты	Бутанол	Бутил ацетат				Прочие вещества
Витамины С, В ₂ , В ₆	от 66 до 4 230	от 70 до 1 500	от 18,8 до 33	от 100 до 1 100	от 28 до 320	–	–	2,4 (фосфор), 12 (цианиды)	от 420 до 2 430	от 610 до 5 400	от 4 до 11
Антибиотики: феноксипенициллин, окситетрациклин, стрептомицин, бензилпенициллин	от 4 230 до 9 860	от 100 до 300	от 2 до 40	–	–	от 200 до 800	от 200 до 800	Мега-нол, антиби-отики	от 1 500 до 2 500	от 2 500 до 4 000	от 6,0 до 7,5
Синтетические лекарства: амидопирин, кофеин, норсульфазол, сульфадимезин, фурацилин, гексонал, хлорэтан	от 1 400 до 9 800	210	175 - 38	2 300 - 2 200	2 390 - 325	–	–	816 (цинк) 9 (фосфор)	4 870 - 2 756	7 850 - 3 650	–

Таблица 2

Характеристика сточных вод предприятий по производству жиросодержащих веществ (общий сток)

Вид производства	рН	Жир, мг/л	Глицерин, мг/л	Бензин, мг/л	БПК, мгО ₂ /л	ХПК, мгО ₂ /л
Маслоэкстракция	7	200	–	180–300	1 200	1 500
Гидрогенизация	5	100	–	–	200	250
Рафинация	9	20 000	–	–	40 000	50 000
Производство маргарина	9	7 000	–	–	1 400	15 000
Производство майонеза	8	16 000	–	–	33 000	38 000
Мыловарение	10	20 000	20 000	–	10 000	120 000
Производство глицерина и ЖК	6	150	200	–	500	600

Результаты

Наибольшая загрязнённость свойственна маточным и концентрированным растворам, сброс которых в канализацию недопустим. В частности, концентрированный раствор, образующийся при производстве амидопирин, характеризуется ХПК, равным $64\ 000\ \text{мг/дм}^3$, сухим остатком – $40\ 000\ \text{мг/дм}^3$, порогом разбавления для уничтожения окраски – 1:250.

Номенклатура и количество продуктов, выпускаемых предприятиями по производству лекарственных препаратов, как правило, не являются постоянными, а изменяются в течение года и даже в более короткий срок, поэтому невозможно установить состав сточных вод, который был бы постоянным и характерным для данного предприятия в целом [9].

Анализ структуры себестоимости очистки сточных вод ещё раз подтвердил важный вывод о том, что механическая очистка является в известной степени самым дешевым методом, а поэтому всегда целесообразна наиболее глубокая очистка сточных вод механическими методами [5].

Этот вывод в первую очередь требует, чтобы технология и оборудование для очистки сточных вод обеспечивали максимальное задержание грубодисперсных примесей с целью снижения сухой массы сырого осадка и, соответственно, связанных с ним проблем (рис. 1). Для улавливания жира, пластика [13, 14] и др. частиц применяем процеживатели – дуговые сита, центробежные сита типа OSO, плоские грохоты и др. [5].

Размеры отверстий процеживателя изменяются в широких пределах: от 20 мм (решетки на насосных станциях) до 0,07 – 0,1–1,0 мм (дуговые сита, грохоты и т. д.). На процеживатели устанавливают щелевидные сита с трапецидальными отверстиями, которые не забиваются взвешенными частицами сточных вод [5].

В результате очистки дождевых и производственных сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ мы установили [5], что применение насосного оборудования перед очистными сооружениями приводит к эмульгированию нефтепродуктов в общем объёме стока, что увеличивает время их гравитационного разделения и, соответственно, нагрузку на

фильтры доочистки. Эти выводы в полной мере могут быть отнесены к очистке масло-жиро-крем содержащих лекарственных кремов. Кроме этого, наличие жира в воде снижает растворимость кислорода, что отрицательно влияет на очистку воды, в особенности биологическими методами.

Научная новизна и практическая значимость

Далее сточные воды (рис. 1) в технологической цепи поступают на масло-жиро-крем уловитель с коалесцентными тонкослойными блоками (рис. 2, – фото). Если обычный маслоуловитель имеет эффект очистки порядка 30–40 % для отделения смазки, масел, нефти и нефтепродуктов, то предлагаемый масло-жиро-крем уловитель уже имеет эффект очистки порядка 60–75 %. Это подтвердили лабораторные (полупромышленные) испытания, во время которых в качестве загрязнителей сточных вод были использованы животные жиры, вазелин, смазочно-охлаждающие жидкости, нефтепродукты и другие гидрофобные вещества.

К эффективным методам очистки сточных вод от гидрофобных загрязнений, в том числе от масел, эфиров, нефтепродуктов и прочих веществ, относится ИОС-флотация (физико-химический метод) диспергированными пузырьками воздуха и газов [5]. Результат этого процесса в разных условиях зависит от размера воздушных пузырьков: с уменьшением их диаметра эффективность очистки повышается.

Существует несколько видов флотации. Наиболее распространённым является метод напорной флотации, при котором мелкодисперсные пузырьки воздуха образуются вследствие изменения парциального давления водовоздушного раствора, полученного при предварительном насыщении воды воздухом под давлением 4–5 атм. Этот метод считается наиболее эффективным, так как обеспечивает достаточно устойчивый дисперсный состав воздушных пузырьков, однако имеет и свои недостатки.

Другим методом является импеллерная флотация, при которой диспергирование воздуха осуществляется с помощью импеллера, в зону действия которого из атмосферы подсасывается воздух и дробится в мелкие пузырьки. Известно

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

много конструкций импеллерных диспергаторов, но наиболее интересны те, в которых импеллер вращается внутри статора.

Импеллерная флотация нашла широкое применение при обогащении полезных ископаемых, для очистки сточных вод использование этого метода пока ограничено. Во НИИ ВОДГЕО (комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений

и инженерной гидрогеологии) были проведены исследования по применению импеллерной флотации для извлечения жира из сточных вод, образующихся при мойке шерсти [5]. Эффект выделения жира достигнет 94 % при продолжительности обработки 1 ч.. Из-за значительного содержания в шерстомойной воде ПАВ (мыло, жирные кислоты) в пенный продукт может перейти до 87 % воды.

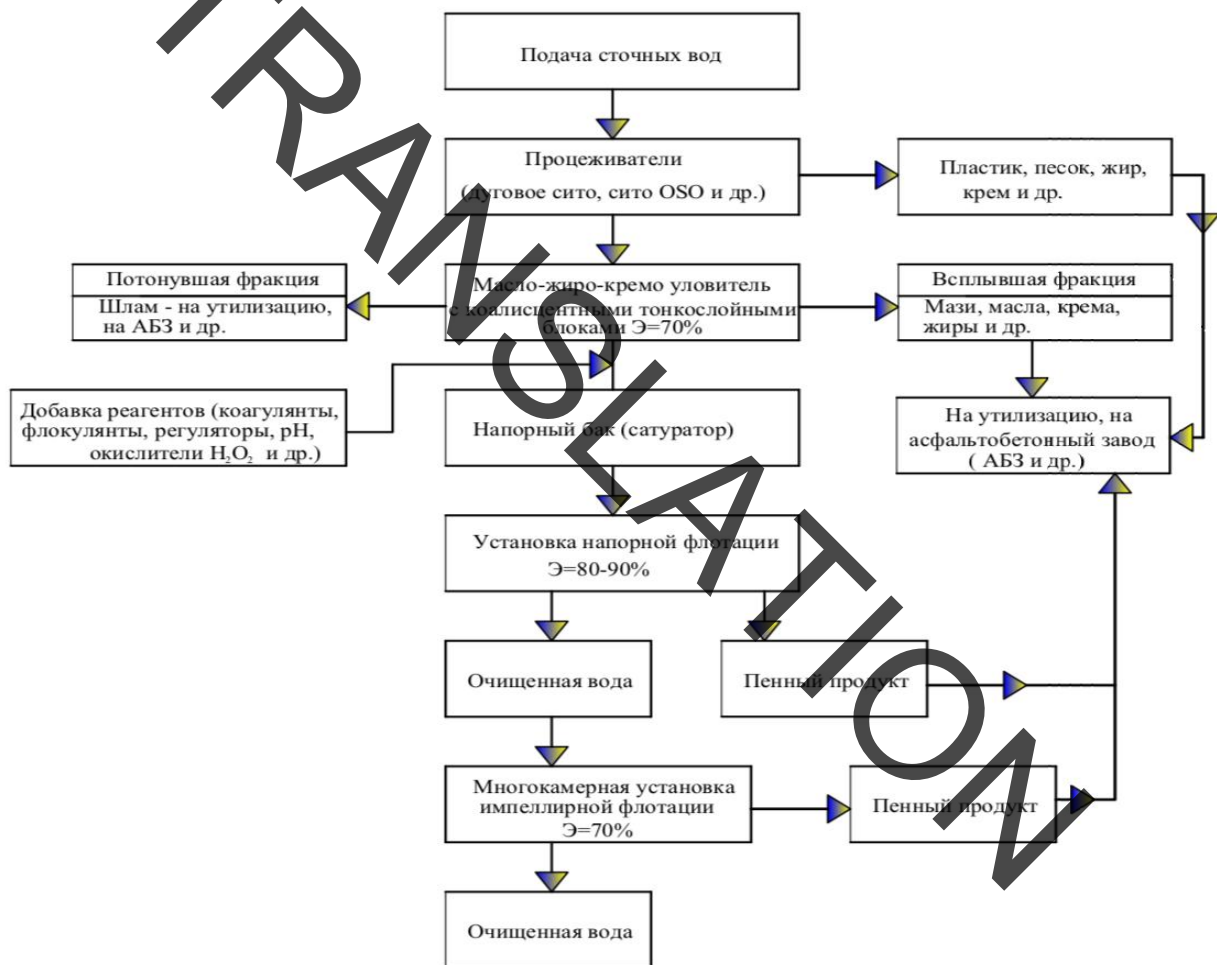


Рис. 1. Технологическая схема очистки производственных сточных вод от масло-жиро-крем содержащих лекарственных кремов (предлагаемая)

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА



Рис. 2. Масло-жиро-крем уловитель с тонкослойными коалесцентными блоками

Известны исследования применения этого метода для очистки сточных вод мясокомбинатов [18].

Отмечено, что в двухкамерной флотационной машине М6 (разработчик Механобр) при продолжительности обработки сточных вод в течение 15 мин эффект очистки от жира достигал 70 %, по взвешенным веществам – 64 %.

Широкие исследования применения этого метода для очистки сточных вод рыбокомбинатов были проведены в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете, установлена высокая степень выделения жиров (99 %) и взвешенных веществ (86,5 %).

Во всех перечисленных работах исследования проведены на флотационных машинах, выпускаемых промышленностью для обогащения полезных ископаемых.

Таким образом, в нашей технологической схеме применяем флотационные установки двух типов – напорную и импеллерную. Для повышения эффективности флотационной очистки производственных сточных вод фармацевтических предприятий рекомендуем добавки различных реагентов:

– регуляторы рН среды, определяют экспериментальным путём;

– коагулянты и флокулянты – для образования гидрофобных комплексов с целью повышения эффективности процесса, определяют экспериментальным путём;

– окислители (например, пероксид водорода H_2O_2), которые способствуют окислению многих лекарственных препаратов [4]; концентрацию дозировки реагента определяют экспериментальным путём.

Проведённые нами промышленные испытания на железнодорожном предприятии по глубокой очистке нефтесодержащих сточных вод с применением 2-ступенчатой флотации (напорной и импеллерной), с доочисткой на фильтрах с пеноуретановой загрузкой (1-я ступень) и на фильтрах адсорбционных (2-я ступень), позволили снизить содержание нефтепродуктов с 20 000 до 0,05 мг/дм³ [5].

Как уже отмечалось выше, отечественные и зарубежные станции по очистке муниципальных (городских) сточных вод не имеют сооружений для отделения пластика и остатков лекарственных препаратов. Мы сделали попытку разработки технологической схемы по очистке муниципальных (городских) сточных вод (рис. 3) и питьевой воды (рис. 4) для населения от указанных выше загрязнений.

Для отделения крупных загрязнений в сточных водах на станциях предусмотрены стандартные решетки различных конструкций с прозорами не более 16 мм, в некоторых странах величину прозоров поменяли на меньшую (порядка 6–10 мм). В то же время размеры пластика, поступающего с водой на очистку, могут быть порядка человеческого волоса [5].

Авторы этой статьи провели исследования по определению содержания пластика в питьевой водопроводной воде городов Днепра и Запорожья. Например, в питьевой воде из-под крана содержится от 4 до 10 частиц пластика на литр воды, размер которых превышает 100 мкм, то есть среднюю толщину человеческого волоса. А в бутилированной воде известных торговых марок «Моршинская» и «BUVETTE» содержится от 49 до 102 частиц пластика на литр воды [5].

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

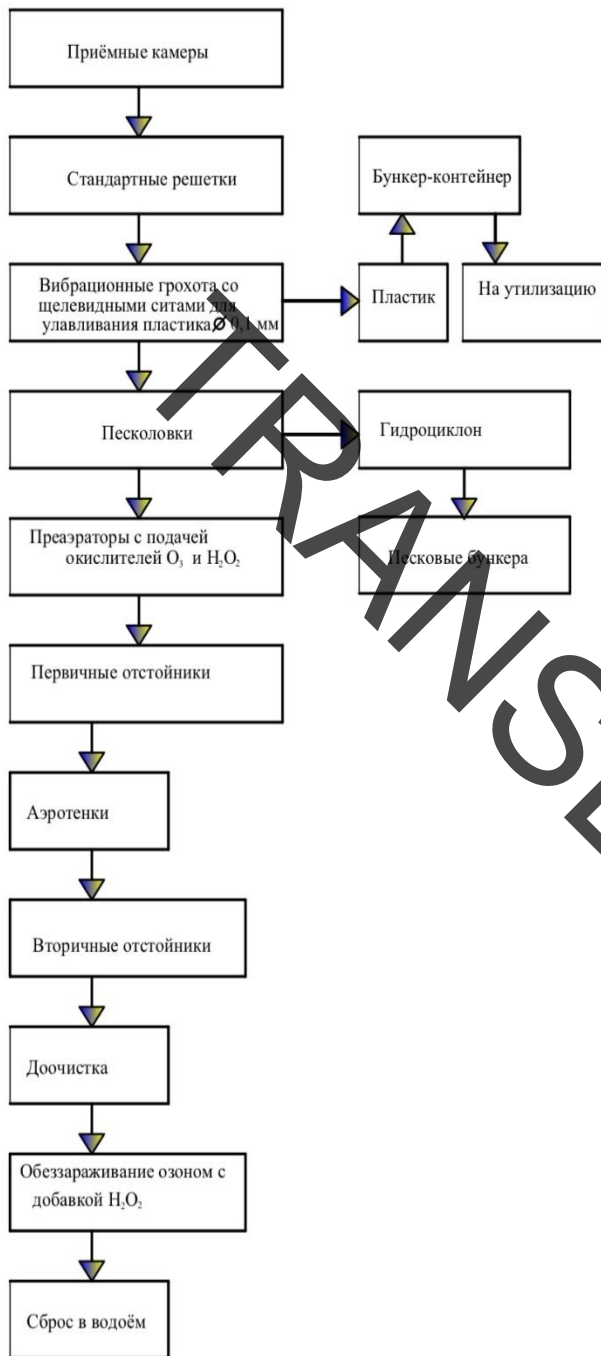


Рис 3. Технологическая схема очистки муниципальных (городских) стоков от остатков лекарственных препаратов и пластика (предлагаемая)

Мы предлагаем после решеток поставить вибрационные или инерционные грохоты, на которых будут стоять щелевидные сита с размерами отверстий от 0,07 до 0,25 мм. Такие сита смогут улавливать не только пластик, но и крупный песок. С целью экономии электроэнергии вместо вибрационных или инерционных грохотов можно быть установить неподвижные [2, 12] дуговые сита (рис. 5).

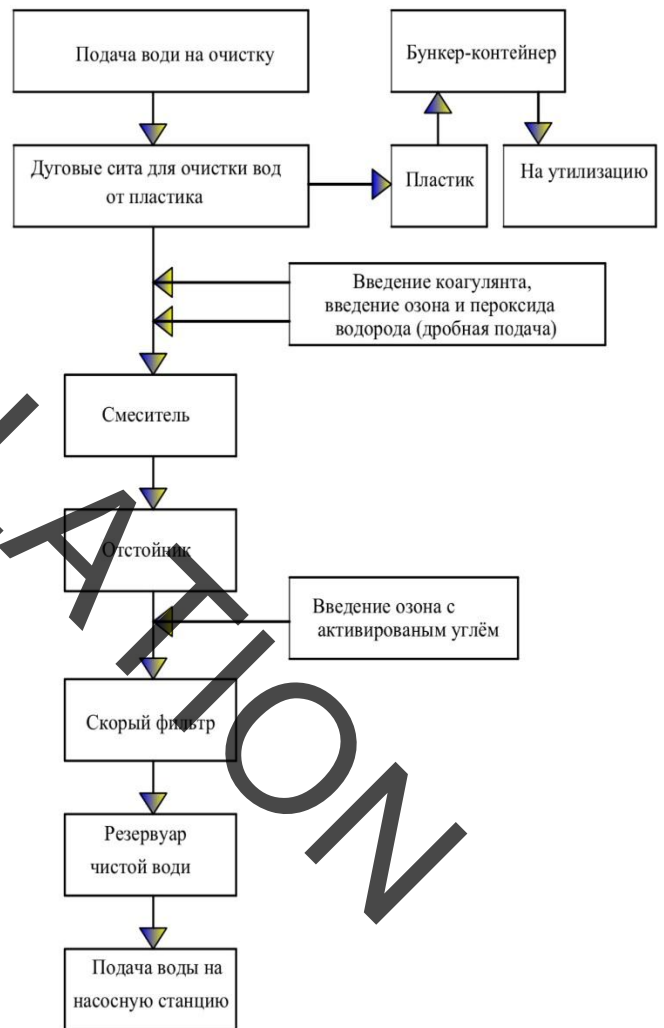


Рис. 4. Технологическая схема очистки питьевой воды от остатков лекарственных препаратов и пластика (предлагаемая)

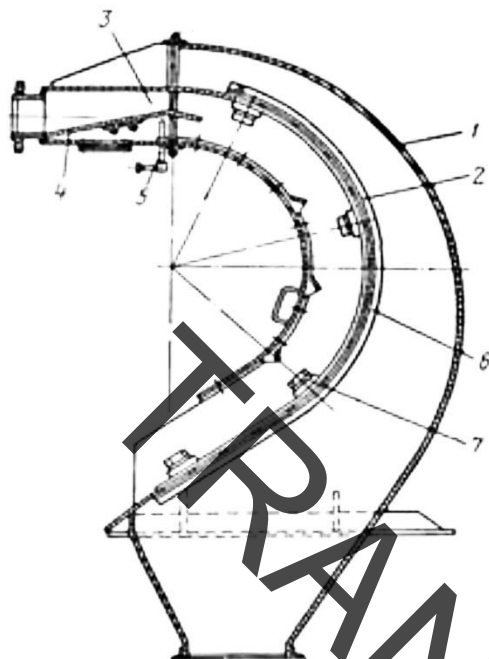


Рис. 5. Дугове сито:

- 1 – сварной закрытый короб;
 2 – полуцилиндрическое щелевидное сито;
 3 – загрузочное отверстие; 4 – металлический лист для регулирования размера загрузочной щели;
 5 – винты для регулирования щели; 6 – опора из уголка;
 7 – деревянные клинья

Щелевидные сита из нержавеющей стали используют в плоских картах, дуговых ситах и центрифугах для обезвоживания, фильтрации, промывки, сушки и сортировки различных сыпучих и кусковых материалов. Применяют их в горноперерабатывающей, химической и пищевой промышленности [17]. Изготавливают из профилированных колосников трапецидального профиля, расположенных параллельно на поперечных ребрах жесткости или на соединительных шпильках. В качестве материала применяют нержавеющую сталь марки 12×18Н10Т или её аналоги. Размер щели варьируется в пределах от 0,07 до 20 мм.

Фирма «Roto-Sieve» (Швеция) выпускает вращающиеся сита для предварительной очистки сточных вод. Данное оборудование успешно применяют во многих странах [14].

Для очистки сточной и питьевой воды от остатков медицинских препаратов мы избрали химические методы [4, 12, 8]. Химическую очистку воды применяют в тех случаях, когда выделение загрязнений, в том числе лекарств,

возможно только в результате химической реакции между примесью (лекарством) и реагентом, с образованием новых веществ, которые легко удаляются из воды. Для такой очистки используют реакции окисления, перевод вредных примесей в безвредные, обезвреживание методом озонирования [3, 4].

Окислительно-восстановительный потенциал озона выше, чем у кислорода и хлора, вследствие чего он обладает более высоким окислительным и бактерицидным действием. Следует отметить, что обработка воды озоном или ультрафиолетовыми лучами практически полностью вытеснила хлорирование на станциях очистки воды во многих странах Западной Европы (Швейцария, Франция, Норвегия и др.) [12]. В Украине применение этих экологически эффективных технологий ограничено из-за значительной стоимости переоборудования и реконструкции водоочистных станций, но это должно быть сделано.

К озонированию относятся как процессы прямого окисления органических соединений или обеззараживания растворённым в воде озоном, так и окислительные процессы, протекающие при участии гидроксильных радикалов, образующихся в результате химических трансформаций солей. Именно последние процессы рассматривают в качестве новых окислительных технологий. И если стандартный восстановительный потенциал озона равен 2,07 В, то у гидроксильных радикалов этой показатель достигает 2,8 В [8].

Образование гидроксильных радикалов в результате трансформации озона в водной среде увеличивается в присутствии пероксида водорода, катализаторов, активированного угля, при совмещении озонирования с ультрафиолетовым облучением и ультразвуковой обработкой [8].

Выводы

Ученые всех стран мира обнаружили в реках, озёрах и глубоко водоносных пластах различные группы лекарств:

- антибиотики;
- противовоспалительные препараты;
- стероидные гормоны;
- противозачаточные средства;

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

- сердечно-сосудистые препараты;
- противоэпилептические медикаменты;
- препараты для снижения веса и борьбы с ожирением;
- высокотоксичные противоопухолевые препараты;
- продукты косметики и парфюмерии;
- антидепрессанты, психотропные, снотворные медикаменты;
- контрастные вещества, используемые при рентгенодиагностике;
- противогрибковые средства.

Другой экологической угрозой мирового масштаба является наличие пластика в различных водах, в том числе в питьевой и сточных водах.

Для решения этих проблем есть два пути:

1. создание экологически чистых лекарств, запрещение изготовления пластика; или создание биоразлагаемого;
2. совершенствование действующих и создание новых эффективных методов и технологических схем по очистке вод от медикаментов и пластика.

Мы разработали технологическую схему для очистки сточных вод фармацевтических предприятий от масло-жиро-крем содержащих лекарств и пластика. В этой технологии используют высокоэффективные сооружения механической очистки – масло-жиро-крем уловитель с коалесцентными тонкослойными блоками и 2-ступенчатая флотационная очистка – с напорными и импеллерными флотаторами (физико-химическая очистка).

Для улавливания пластика на всех предприятиях, где производят очистку сточной и питьевой воды, предлагаем сооружения – процеживатели (вибрационные и инерционные грохоты, дуговые сита и др.) с диаметром отверстий от 0,07 до 0,25 мм в щелевидных ситах.

Для извлечения остатков лекарственных препаратов на муниципальных станциях подготовки питьевой воды и очистки сточных вод разработаны технологии с применением химических методов (озона и пероксида водорода).

Применение в Украине этих экологически эффективных технологий позволит получать высококачественную питьевую воду, однако потребует переоборудования и реконструкции водоочистных станций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Баренбойм, Г. М. Загрязнение природных вод лекарствами / Г. М. Баренбойм, М. А. Чиганова. – Москва : Наука, 2015. – 283 с.
2. Бедрань, Н. Г. Машины для обогащения полезных ископаемых : учеб. пособие для вузов / Н. Г. Бедрань. – Киев ; Донецк : Вища школа, 1980. – 416 с.
3. Биосорбция прокаина на биологически активном угле / Е. А. Корж, Н. А. Клименко, С. К. Смолин, Л. Р. Решетняк // Химия и технология воды. – 2016. – Т. 38, № 5. – С. 519–530.
4. Долина, Л. Ф. Очистка вод от остатков лекарственных препаратов / Л. Ф. Долина, О. П. Савина // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 3 (75). – С. 36–49. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2018/134675>
5. Долина, Л. Ф. Очистка вод от пластика / Л. Ф. Долина, О. П. Савина, Д. А. Долина // Наука та прогрес транспорту. – 2019. – № 2 (80). – С. 27–40. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2019/166628>
6. Корж, Е. А. Кинетика адсорбции фармацевтических веществ из водных растворов на активных углях / Е. А. Корж, С. К. Смолин, Н. А. Клименко // Химия и технология воды. – 2016. – Т. 38, № 4. – С. 342–353.
7. Кофман, В. Я. Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод. Ч. 2 : обзор зарубежных изданий / В. Я. Кофман // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 11. – С. 70–77.
8. Лившиц, В. Лекарства как экологическая проблема [Электронный ресурс] / Проза.ру. – Режим доступа: <http://proza.ru/2013/02/27/1830> – Загл. с экрана. – Проверено : 04.06.2019.
9. Технологический-экологический инжиниринг при обогащении полезных ископаемых : учеб. пособие / А. Д. Полулях, П. И. Пилов, А. И. Ергунов, Д. А. Полулях. – Днепропетровск : Гос. высш. учеб. завед. «Нац. горный ун-т», 2012. – 712 с.
10. Фармацевтические средства в питьевой воде [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения – Режим доступа: http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/info_sheet_pharmaceuticals/ru/ – Загл. с экрана. – Проверено : 04.06.2019.

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

11. Шпаков, А. Антибиотики и стероиды отравляют сточные воды [Электронный ресурс] : Смерть из канализации / А. Шпаков // Коммерсант. – 1999. – 26 июн. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/220792> – Загл. с экрана. – Проверено : 04.06.2019.
12. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks / M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, R. Thompson // *Environmental Science & Technology*. – 2011. – Vol. 45. – Iss. 21. – P. 9175–9179. doi: <http://doi.org/10.1021/es201811s>
13. Boxall, A. B. A. The environmental side effects of medication / A. B. A. Boxall // *EMBO reports*. – 2004. – Vol. 5. – Iss. 12. – P. 1110–1116. doi: <http://doi.org/10.1038/sj.embor.7400307>
14. Occurrence and ecotoxicological assessment of pharmaceuticals: Is there a risk for the Mediterranean aquatic environment? / F. Desbiolles, L. Malleret, C. Tiliacos, P. Wong-Wah-Chung, I. Laffont-Schwob // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 639. – P. 1334–1348. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.351>
15. Sharma, S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review / S. Sharma, S. Chatterjee // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2017. – Vol. 24. – Iss. 27. – P. 21530–21547. doi: <http://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
16. Slaughterhouse wastewater: treatment, management and resource recovery / C. F. Bustillo-Lecompte, M. Mehrvar // *Physical-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery* / Editors R. Farooq, Z. Ahmad. – Rijeka, Croatia : InTech Open Access Publisher, 2017. – P. 153–174. doi: <http://doi.org/10.5772/65499>
17. Sumpter, J. P. Pharmaceuticals in the Environment: Moving from a Problem to a Solution / J. P. Sumpter // *Green and Sustainable Pharmacy* / Editors K. Kummerer, M. Hempel. – Berlin : Springer-Verlag, 2010. – P. 11–22.
18. Waters reality in Ukraine worldwide // L. F. Dolina, P. B. Mashykhina, A. A. Karpo, A. A. Mishchenko // *Наука та прогрес транспорту*. – 2017. – № 5 (71). – С. 7–18. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2017/113695>

Л. Ф. ДОЛИНА^{1*}, П. Б. МАШИХІНА^{2*}, Д. А. ДОЛИНА^{3*}

^{1*}Каф. «Гідраліка та водопостачання», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 273 15 09, ел. пошта water.supply.treatment@gmail.com, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Каф. «Гідраліка та водопостачання», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 273 15 09, ел. пошта gidro_eko@ukr.net, ORCID 0000-0003-3057-9204

^{3*}Головне управління Державної фіскальної служби (ДФС), вул. Шолуденка, 33, Київ, Україна, 04116, тел. +38 (050) 164 22 32, ел. пошта dogni06@gmail.com, ORCID 0000-0000-0002-2962-2722

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ЗАЛИШКІВ ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ПЛАСТИКУ

Мета. Основна мета статті – розробити технологію очищення води від залишків масло-жиро-крем вмісних ліків, зокрема технологію очищення міських (муніципальних) стічних вод від пластику і залишків лікарських препаратів. **Методика.** Дослідження виконані на підставі аналізу наукових джерел і звітних даних про наявність ліків і пластику у водах України, європейських країнах, США. **Результати.** Автори представляють результати комплексного розгляду питань, пов'язаних із визначенням наявності ліків у різних водах, їх концентрацій і найбільш небезпечних лікарських препаратів-токсикантів. Медикаменти й пластик можуть накопичуватися не тільки в організмі людей і тварин, а й у морській і річковій рибі і т. д. Присутність в організмі ліків і пластику негативно впливає на здоров'я. Очисні споруди України та світу недостатньо пристосовані для виявлення у воді ліків і пластику, її очищення. **Наукова новизна.** Автори цієї статті провели дослідження з визначення вмісту пластику в питній водопровідній воді міст Дніпра й Запоріжжя. Питна вода з-під крана містить менше частинок пластику, ніж бутильована вода відомих українських торгових брендів. Розроблені технологічні схеми з очищення стічних вод фармацевтичних підприємств із виготовлення кремів, мазей, масел та іншої продукції для лікування й косметичних цілей. Запропоновано споруди й методи для очищення вод від зазначених, забруднень, які не використовували раніше на станціях очистки вод, але успішно застосовують в інших галузях промисловості. **Практична значимість.** Застосування в Україні екологічно ефективних технологій дозволить отримувати високоякісну питну воду, проте вимагає переоб-

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

ладнання й реконструкції водоочисних станцій. Для цього потрібно передбачити відповідні статті за основним фінансуванням. У наш час в Україні (навіть у Києві) немає станцій з очищення питної і стічних вод, на яких би використовувались сучасні технології і споруди, але ж якісна вода – це здоров'я і життя людей.

Ключові слова: очищення стічних вод; очищення питної води; пластик у стічній та питній водах; ліки в стічних водах; нові джерела питної води; технологічна схема з очищення вод; концентрація небезпечних ліків у воді

L. F. DOLINA^{1*}, P. B. MASHYKHINA^{2*}, D. A. DOLINA^{3*}

^{1*}Dep. «Hydraulics and Water Supply», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 273 15 09, e-mail water.supply.treatment@gmail.com, ORCID 0000-0001-6082-7091

^{2*}Dep. «Hydraulics and Water Supply», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 273 15 09, e-mail gidro_eko@ukr.net, ORCID 0000-0003-3057-9204

^{3*}Main Department of State Fiscal Service (SFS) in Kyiv, Sholudenko St., 33, Kyiv, Ukraine, 04116, tel. +38 (050) 164 22 32, e-mail dogni06@gmail.com, ORCID 0000-0002-2962-2722

TECHNOLOGY FOR WATER PURIFICATION FROM RESIDUES OF DRUGS AND PLASTIC

Purpose. The main purpose of the article is to develop a technology for water purification from residues of oil-fat-cream containing drugs, in particular technology and a technological scheme for purifying urban (municipal) wastewater from plastics and residues of drugs. **Methodology.** The studies were carried out based on the analysis of scientific sources and reporting data on the availability of drugs and plastics in the water of Ukraine, European countries, and the USA. **Findings.** The authors present the results of a comprehensive review of issues related to the determination of the availability of drugs in various waters, their concentrations and the most dangerous drugs-toxicants. Medicines and plastics can accumulate not only in humans and animals, but also in sea and river fish, etc. The presence of drugs and plastic in the body can have a negative impact on the health. The treatment facilities in Ukraine and the world are not sufficiently adapted for the detection of drugs and plastics and their purification. **Originality.** The authors of this material conducted studies to determine the content of plastic in drinking tap water in Dnipro and Zaporizhzhia cities. Drinking water from the tap contains less plastic particles than bottled water of the famous Ukrainian trade brands. The work developed technological schemes for the purification of industrial wastewater from pharmaceutical enterprises for the manufacture of creams, ointments, oils and other products for treatment and cosmetic purposes. Structures and methods for purifying water from these pollutants have been proposed, which had not been previously used at water purification stations, but successfully apply in other industries. **Practical value.** The use of environmentally efficient technologies in Ukraine will allow obtaining high-quality drinking water, but it will require re-equipment and reconstruction of water treatment plants. Major funding should be provided by corresponding articles. Currently, in Ukraine (even in Kyiv) there are no stations for the purification of drinking and waste waters, which would use modern technologies and facilities, but high-quality water is the health and life of people.

Keywords: wastewater treatment; drinking water treatment; plastic in wastewater and drinking water; drugs in wastewater; new sources of drinking water; technological scheme for water purification; concentration of hazardous drugs in water

REFERENCE

1. Barenboym, G. M., & Chiganova, M. A. (2015). *Zagryaznenie prirodnikh vod lekarstvami*. Moscow: Nauka. (in Russian)
2. Bedran, N. G. (1980). *Mashiny dlya obogashcheniya poleznykh iskopaemykh: uchebnoe posobie dlya vuzov*. Kiev; Donetsk: Vishcha shkola. (in Russian)
3. Korzh, E. O., Klymenko, N. A., Smolin, S. K., & Reshetnyak, L. R. (2016). Biosorption of procaine on biologically active carbon. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 38(5), 519-530. (in Russian)

ЕКОЛОГІЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

4. Dolina, L. F., & Savina, O. P. (2018). Water cleaning from residues of medicinal preparations. *Science and Transport Progress*, 3(75), 36-51. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2018/134675> (in Russian)
5. Dolina, L. F., Savina, O. P. & Dolina D. A. (2019). Cleaning water from plastic. *Science and Transport Progress*, 2(80), 27-40. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2019/166628> (in Russian)
6. Korzh, Y. A., Smolin, S. K., & Klimenko, N. A. (2016). Kinetika adsorbtsii farmatsevticheskikh veshchestv iz vodnykh rastvorov na aktivnykh uglyakh. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 38(4), 342-353. (in Russian)
7. Kofman, V. Y. (2013). New advanced oxidation technologies of water and wastewater treatment. Pt. 2: foreign publications review. *Water Supply and Sanitary Technique*, 11, 70-77. (in Russian)
8. Livshits, V. (n.d.). Lekarstva kak ekologicheskaya problema. *Proza.ru*. Retrieved from <http://proza.ru/2013/02/27/1830> (in Russian)
9. Polulyakh, A. D., Pilov, P. I., Yegurnov, A. I., & Polulyakh. D. A. (2012). *Tekhnologo-ekologicheskii inzhiniring pri obogashchenii poleznykh iskopaemykh: Uchebnoe posobie*. Dnepropetrovsk: Gosudarstvennoe vysshee uchebnoe zavedeniye «Natsionalnyy gornyy universitet». (in Russian)
10. Farmatsevticheskie sredstva v pitevoy vode (n.d.). *World Health Organization*. Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/info_sheet_pharmaceuticals/ru/ (in Russian)
11. Shpakov, A. (1999, June 26). Antibiotiki i steroidy otravlyayut stochnye vody: Smert iz kanalizatsii. *Kommer-sant*. Retrieved from <https://www.kommersant.ru/doc/220792> (in Russian)
12. Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175-9179. doi: <http://doi.org/10.1021/es201811s> (in English)
13. Boxall, A. B. A. (2004). The environmental side effects of medication. *EMBO Reports*, 5(12), 1110-1116. doi: <http://doi.org/10.1038/sj.embor.7400307> (in English)
14. Desbiolles, F., Malleret, L., Tiliacos, C., Wong-Wah-Chung, P., & Laffont-Schwob, I. (2018). Occurrence and ecotoxicological assessment of pharmaceuticals: Is there a risk for the Mediterranean aquatic environment? *Science of the Total Environment*, 639, 1334-1348. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.351> (in English)
15. Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530-21547. doi: <http://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8> (in English)
16. Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2017). Slaughterhouse wastewater: treatment, management and resource recovery. In R. Farooq, Z. Ahmad (Eds.), *Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Rijeka, Croatia: InTech Open Access Publisher (pp. 153-174). doi: <http://doi.org/10.5772/65499>
17. Sumpter, J. P. (2010). Pharmaceuticals in the Environment: Moving from a Problem to a Solution. In K. Kummerer, & M. Hempel (Eds.), *Green and Sustainable Pharmacy* (pp. 11-22). Berlin: Springer-Verlag. (in English)
18. Dolina, L. F., Mashykhina, P. B., Karpo, A. A., & Mishchenko, A. A. (2017). Waters reality in Ukraine worldwide. *Science and Transport Progress*, 5(71), 7-18. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2017/113695> (in English)

Надійшла до редколегії: 14.03.2019

Прийнята до друку: 17.07.2019