

Проведенные исследования заключались в установлении возможности и целесообразности объединения потоков, содержащих хромсодержащие и лакокрасочные загрязнения с последующей их обработкой по традиционно принятой реагентной схеме очистки сточных вод гальванического производства.

Для отработки режимов технологического процесса очистки исследования были условно разбиты на три этапа:

1) выяснение эффекта окисления органических веществ хромсодержащим стоком и кислородом воздуха. Краскосодержащие сточные воды смешивались с хромсодержащими сточными водами, в которые предварительно вводилось рассчитанное количество травильного раствора; при необходимости смесь подкисляли серной кислотой до  $\text{pH} = 1,5 \dots 2,0$ . Далее смесь сточных вод подвергалась продувке воздухом. При продувке смеси воздухом кроме окисления органических примесей происходит выделение из воды избыточного количества углекислого газа, образование на поверхности газовых пузырьков зародышей твердой фазы продуктов гидролиза, а также специфическое механическое перемешивание воды пузырьками воздуха. Кроме того, при продувке образуется устойчивый слой пены. На основании этого следует, что часть органических примесей, СПАВ уносится в пенный продукт для удаления на обезвоживание;

2) проверка эффективности адсорбции органических веществ на образовавшихся гидроокислях металлов. После продувки смесь сточных вод подщелачивают раствором известкового молока и тщательно перемешивают. При величине  $\text{pH} = 3,5 \dots 4,0$  образуются крупные хлопья гидроокиси железа (III), на которых происходит сорбция трудно окисляемых ароматических углеводородов (ксилол, толуол), недоокисленных органических примесей (фенол, ацетон) и промежуточных органических веществ (органических кислот), получившихся в процессе окисления;

3) изучение процессов коагуляции и соосаждения совместно со стоками гальванического производства. После подщелачивания и перемешивания смесь краско- и хромсодержащих сточных вод смешивается с кислотно-щелочным стоком, подщелачивается известковым молоком и тщательно перемешивается в реакторе нейтрализаторе всех видов стоков для обеспечения благоприятных условий коагуляции. Последний этап нейтрализации краскосодержащих сточных вод – осветлитель. После перемешивания смесь сточных вод отстаивалась в течение 1,5 часа.

Возможность обработки сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения, в линии восстановления хрома (VI) до хрома (III) предопределяет тот факт, что большинство органических загрязнений окисляется на 95–98 % бихроматами до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Деструкции органических загрязнений способствует и окисление их кислородом воздуха. Дальнейшее снижение содержания органических загрязнителей можно ожидать при сорбции их на оксигидратном коллекторе, образующемся в процессе нейтрализации гальванических стоков. Важным является и тот факт, что при обработке сточных вод возможно решение проблемы удаления тяжелых металлов, вносимых в сточные воды в процессе нанесения лакокрасочных покрытий.

Учёт перечисленных доводов при выборе данной технологии очистки сточных вод лакокрасочного производства сулит серьезные экономические и экологические выгоды, а также ряд практических преимуществ, связанных с резким сокращением потребности в энерго- и материалоемком технологическом оборудовании и соответственно снижением потребности в производственных площадях.

УДК 628.29

## ОТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

О. К. НОВИКОВА, Т. Н. ПРЕЗОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема загрязнения водных объектов в настоящее время привлекает все больше внимания ученых всех стран. В Республике Беларусь исследования негативного воздействия транспортных средств на окружающую природную среду в основном направлены на изучение уровня шума и оценку загрязнения воздушной среды, при этом практически не уделяется внимания загрязнению территорий и водных объектов, прилегающих к автомобильным дорогам.



Увеличение площади водонепроницаемых поверхностей при строительстве автомобильных дорог, мостовых переходов и путепроводов вызывает значительные изменения в гидрологическом режиме и инфильтрационных характеристиках грунта прилегающей территории, что приводит к возрастанию объемов поверхностного стока и степени его загрязненности.

Установлено, что основными факторами, оказывающими влияние на загрязнение природных водных объектов поверхностными сточными водами, поступающими с мостовых полотен и автомобильных дорог, являются: выбросы автотранспорта, чаще всего представленные нефтепродуктами (бензин, дизельное топливо, масла, мазут); продукты износа дорожных покрытий, шин и тормозных колодок; взвешенные вещества минерального и органического происхождения; строительные грузы; материалы, используемые для борьбы с гололедом, в состав которых входят хлориды; тяжелые металлы.

В результате проведенных в 2015 г. исследований дана оценка качественного состава дождевых и талых сточных вод с мостов и путепроводов г. Гомеля (таблицы 1, 2). Отборы проб поверхностных сточных вод производились в период интенсивного таяния снега (зимне-весенний период 2015 г.), во время выпадения обильных осадков (весенний период 2015 г.).

Таблица 1 – Качественная характеристика дождевых сточных вод

Наименование показателей	В миллиграммах на дециметр кубический			
	Место отбора проб			
	Сельмаш	трасса М5	мост через р. Сож	ул. Хатаевича
Взвешенные вещества	32	61	54	49
Нефтепродукты	1,88	3,36	3,24	2,33
Азот аммонийный	0,64	1,85	0,77	0,9
Фосфаты	0,04	0,07	0,02	0,02
Цинк	0,07	0,1	0,06	0,05
Никель	0,002	0,009	0,003	0,006
Железо общее	1,3	2,91	2,37	1,65

Таблица 2 – Качественная характеристика талых сточных вод

Наименование показателей	В миллиграммах на дециметр кубический			
	Место отбора проб			
	Сельмаш	трасса М5	мост через р. Сож	ул. Хатаевича
Взвешенные вещества	53	117	89	92
Нефтепродукты	1,53	2,71	3,16	2,29
Азот аммонийный	0,23	1,62	0,68	0,77
Фосфаты	0,04	0,08	0,02	0,03
Цинк	0,098	0,41	0,237	0,31
Никель	0,001	0,009	0,002	0,005
Железо общее	0,9	2,8	1,92	1,76

Получена теоретическая зависимость концентрации нефтепродуктов в дождевых сточных водах от интенсивности и скорости движения транспортных средств, интенсивности протечки нефтепродуктов, ширины дорожного полотна и величины слоя осадков.

Концентрации нефтепродуктов в дождевых сточных водах, полученные в результате экспериментальных исследований, составляют 1,88–3,36 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации, полученные расчетным путем, – 1,31–3,35 мг/дм<sup>3</sup>. Незначительные расхождения расчетных и опытных значений свидетельствует о достоверности полученной теоретической зависимости, которая может быть использована при прогнозировании концентраций нефтепродуктов в дождевых сточных водах с автомобильных дорог различных категорий.

На основании оценки методов отведения и очистки поверхностных сточных вод с учетом полученных качественных характеристик дождевых и талых сточных вод разработаны рекомендации по отведению и очистке поверхностных сточных вод с автомобильных дорог:

- 1) для очистки сточных вод с крупных автомагистралей с интенсивным движением и отводом очищенных сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного назначения и их притоки рекомендуется строительство очистных сооружений накопительного типа с фильтровальными станциями глубокой очистки;
- 2) при организации водовыпуска в черте населенного пункта и со средних автомагистралей, необходимо предусматривать очистные сооружения проточного типа;



3) при организации отведения поверхностных сточных вод с автомагистралей в пониженные места рельефа местности, не имеющие прямой связи с открытыми водными объектами, рекомендуется предусматривать габионные фильтрующие очистные сооружения.

Полученные качественные характеристики дождевых и талых сточных вод могут быть использованы при оценке антропогенной нагрузки данной категории сточных вод на природные водные объекты и при разработке оптимальной схемы очистки сточных вод с мостов и автомобильных дорог Республики Беларусь.

УДК 621.577

## ✓ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. М. ОВЧИННИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 1990-х годах, после распада СССР на отдельные государства, образовавшиеся независимые страны (в том числе Республика Беларусь) в значительной степени отстали в вопросах энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии (солнечное излучение, энергия атмосферного воздуха, воды, почвы и др.). Западные страны, а также западные фирмы стали предлагать независимым государствам, образовавшимся в результате распада СССР, свою энергоэффективную технологию, использующую как традиционную углеводородную из невозобновляемых ресурсов, так и альтернативную энергетику.

Республика Беларусь также оказалась в роли государства, которому различные западные фирмы предлагают применяемые в своих странах энергоэффективные технологии. Поскольку Беларусь нуждается в отоплении практически в течение полугода, то из-за нехватки собственных энергоресурсов возникает проблема затраты их в отопительный период. Среди предложений западных фирм явное предпочтение отдаётся ТНУ в противовес принятой в нашей стране системе отопления от теплосети. Попробуем разобраться в сложившейся ситуации. Проанализируем не только энергетическую и экологическую стороны внедрения ТНУ в Республике Беларусь, но и экономическую сторону (а именно это более важно для безопасности страны).

Эффективность работы теплового насоса, потребляющего механическую энергию при работе компрессора, можно оценить коэффициентом преобразования (другие названия – коэффициент трансформации, коэффициент теплопроизводительности, коэффициент отопления, множитель тепла)  $\varphi$ , величина которого определяется известным соотношением

$$\varphi = Q/L,$$

где  $Q$  – теплота, переданная окружающей среде (отведенная от рабочего тела);  $L$  – работа, затраченная на сжатие рабочего тела в компрессоре.

На проходящих в Республике Беларусь международных выставках различные западноевропейские фирмы (ИТЕК, NIBE, Bosch и др.) для отопления помещений предлагают свои тепловые насосы, имеющие согласно рекламным проспектам в среднем коэффициент преобразования  $\varphi_e \approx 4,5$ . В качестве низкотемпературного источника могут быть использованы скважины, грунтовые воды, озерный коллектор, верхние слои грунта. Кроме того, тепловые насосы в простейшем исполнении имеют электродвигатель небольшой мощности для привода компрессора, а значит, только электродвигателю нужна энергия для работы, причем примерно в 4,5 раза меньше, чем получаемая тепловая энергия. Следовательно, отопление с применением теплового насоса значительно экологически безопаснее по сравнению с отоплением по традиционной схеме (от котельной или ТЭЦ).

Получается, что применение теплового насоса для целей отопления очень выгодно энергетически, экологически и экономически. Рассмотрим экономическую сторону и применение ТНУ для условий Республики Беларусь.

Как известно, наше государство является социально ориентированным, и это отражено в тарифной политике по потреблению энергии. Сейчас (октябрь 2015 года) стоимость электроэнергии для населения (ЖКХ) 953,8 руб./кВт·ч, для промышленных потребителей с присоединенной мощностью