

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОКОВ, ОБРАЗОВАННЫХ НА ОБЪЕКТАХ АВТОМОБИЛЬНО- ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

В. А. Юрченко

Доктор технических наук, профессор
Кафедра безопасности жизнедеятельности
и инженерной экологии
Харьковский национальный
университет строительства и архитектуры
ул. Сумская, 40, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: yurchenko.valentina@gmail.com

О. Г. Мельникова

Аспирант*
E-mail: mikh-oksana@yandex.ru

А. Ю. Бахарева

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра охраны труда и окружающей среды
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: baharevaann@gmail.com

М. В. Ячник

Аспирант*
E-mail: mariyabmv2009@meta.ua
*Кафедра экологии

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

В експериментальних дослідженнях встановлено, що концентрація нафтопродуктів у поверхневих стічних водах, утворених на об'єктах автомобільно-дорожнього комплексу, багаторазово перевищує ГДК для скидання у водні об'єкти. У зливових стоках з територій АЗС та автостоянок концентрація нафтопродуктів більш висока, ніж у зливових стоках з автодоріг, і в їх складі переважають умовно важкі фракції нафтопродуктів, що більш ефективно видаляються при відстоюванні

Ключові слова: автомобільно-дорожній комплекс, об'єкти дорожньої інфраструктури, зливові стоки, механічна очистка, нафтопродукти

В экспериментальных исследованиях установлено, что концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах, образующихся на объектах автомобильно-дорожного комплекса, многократно превышает ПДК для сброса в водные объекты. В ливневых стоках с территорий АЗС и автостоянок концентрация нефтепродуктов более высокая, чем в ливневых стоках с автодорог, и в их составе преобладают условно тяжелые фракции нефтепродуктов, более эффективно удаляемые при отстаивании

Ключевые слова: автомобильно-дорожный комплекс, объекты дорожной инфраструктуры, ливневые стоки, механическая очистка, нефтепродукты

1. Введение

К наиболее важным задачам повышения технического уровня объектов автомобильно-дорожного комплекса (АДК) в Украине – автодорогам, АЗС, шиномонтажным комплексам, СТО, стоянкам и др., направленных на сокращение их негативного влияния на окружающую среду, можно отнести обеспечение своевременного и целенаправленного сбора и отведения атмосферных осадков с последующей их очисткой от загрязнений [1]. Сток ливневых и талых вод, образующихся в результате выпадения атмосферных осадков на покрытия объектов АДК, является одним из основных источников загрязнения почв и водотоков на прилегающих территориях [2]. В крупных городах и на загородных скоростных автомобильных трассах образующиеся

поверхностные сточные воды имеют значительные объемы, которые без очистки, с концентрациями загрязняющих веществ, значительно превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), поступают в водные объекты и на прилегающую территорию [2]. Особенно остро стоит вопрос по очистке ливневого стока с мостов и эстакад при пересечении рек и водоемов [3]. За рубежом и в Украине технические решения этой проблемы активно разрабатываются с привлечением опыта эксплуатации канализационных сооружений для очистки промышленных и городских сточных вод [4]. Но, несмотря на наличие ряда инженерных разработок по устройству поверхностного водоотведения, вопросы как типового, так и индивидуального проектирования водоотведения и очистки сточных вод на объектах АДК (с учетом экономических и экологических факторов),

требуют уточнения и конкретизации. Актуальность этой проблемы особенно возросла в связи с необходимостью гармонизации украинских нормативных требований к водоотведению на объектах АДК с европейскими нормами.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Для оценки влияния загрязняющих веществ на состояние водной среды сравнили максимальные концентрации загрязняющих веществ в смывах с поверхности автомобильных дорог, расположенных в центральных районах города [4, 5], со значениями ПДК этих веществ в водных объектах культурно-бытового (ПДК_{кб}) и рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рх}) [6] (табл. 1).

Таблица 1

Экологическая опасность загрязняющих веществ в сточных водах с поверхности автомобильных дорог для водных объектов

| Показатели состава сточных вод | Средняя концентрация в смывах с автомобильных дорог, мг/дм ³ | ПДК веществ, мг/дм ³ | | Кратность превышения | |
|--------------------------------|---|---------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | | ПДК _{кб} | ПДК _{рх} | ПДК _{кб} | ПДК _{рх} |
| Взвешенные вещества | 2000,0 | | | | |
| Хлориды | 700,0 | 350 | 300 | 2,0 | 2,33 |
| Азот аммонийный | 4,25 | 1,0 | 0,39 | 4,25 | 10,9 |
| Нитраты | 0,5 | 45,0 | 40,0 | 0,011 | 0,0125 |
| Нефтепродукты | 60,0 | 0,3 | 0,05 | 200,0 | 1200,0 |

Как видно, по кратности превышения ПДК для водных объектов [6] наибольшую экологическую опасность в поверхностных сточных водах, образующихся на территориях объектов АДК, представляют нефтепродукты (НП) [2]. Причем такие экологически опасные НП, как бензин, керосин, топливные и смазочные масла, бензол, толуол, ксилолы, фенолы, металлорганические соединения и др. составляют около 90 % от суммарного количества всех органических примесей, содержащихся в смывах с автомобильных дорог [7, 8].

Концентрации загрязняющих веществ в смывах с автомобильных дорог, установленные различными авторами, существенно отличается [8], что объясняется большим разнообразием условий загрязнения, отсутствием единой методологии проведения измерений. Известно, что на содержание загрязняющих веществ в ливневых стоках влияет интенсивность дождя, продолжительность бездождевого периода, интенсивность транспортного потока (табл. 2), уборка мусора и другие факторы [9]. Данные о химическом составе поверхностных сточных вод на территориях объектов дорожной инфраструктуры (ОДИ) АЗС, автостоянок, шиномонтажных комплексов, крайне ограничены.

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в ливневых сточных водах с поверхности автомобильных дорог различных категорий

| Показатели состава сточных вод | Автомагистрали (интенсивность движения >1000 авт/ч) | Автомобильные дороги возле АЗС (интенсивность движения ~700–900 авт/ч) | Загородные автодороги (интенсивность движения ~100–120 авт/ч) | Загородные автодороги (интенсивность движения <62,5 авт/ч) |
|--------------------------------|---|--|---|--|
| Взвешенные вещества | 1300–2700 | 2000–2500 | 650–1500 | <650 |
| Хлориды | 400–1200 | 400–1200 | 120–400 | <120 |
| Азот аммонийный | 2,5–6,0 | 0,5–1,0 | 0,4–1,0 | <0,4 |
| Нитраты | 0,4–0,6 | 0,6–0,8 | 0,2–0,5 | <0,2 |
| ХПК | 150–400 | 150–250 | 120–200 | <120 |
| НП | 20–60 | 40–100 | 10–70 | <10 |

В практике проектирования и строительства автомобильных дорог в зарубежных странах [10, 11] используют несколько схем организации поверхностного водоотведения, на основе которых разработано огромное количество систем с различными комбинациями водоотводных конструкций [9, 11]. При выборе очистного сооружения руководствуются природно-климатическими условиями, требованиями по глубине очистки, экономическими показателями и др. [10, 12].

На территории стран СНГ и зарубежных стран для очистки смывов с поверхности автомобильных дорог и мостовых сооружений используют механические, химические, физико-химические и биохимические методы [12, 13]. Самыми экономичными являются механические обработки. Для очистки смывов с автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения (более 15 000 автомобилей в сутки) применяется различные решетки, сита, песколовки, отстойники, нефтеловушки, фильтры и др. Степень очистки поверхностных сточных вод механическими методами, как правило, невысокая [14].

Важнейшим элементом, закладываемым в проектные и проектные разработки систем водоотведения, является технологический анализ сточных вод – установление степени и природы загрязнения воды, выявление возможности применения тех или иных методов очистки и особенностей поведения компонентов сточных вод в процессе обработки, обоснование методов управления процессами очистки воды.

Однако для такой категории поверхностных сточных вод как ливневые стоки с территорий объектов АДК, а особенно ОДИ, проведение технологического анализа выполнено на весьма немногочисленных объектах. Это кардинально осложняет объективный выбор методов и установок для эффективной очистки этой категории сточных вод.

3. Цель и задачи исследований

Целью исследований является определение количественных характеристик загрязнения поверхностных сточных вод, образующихся на территориях объектов автомобильно-дорожного комплекса в зимний и летний сезоны, нефтепродуктами и взвешенными веществами, а также их поведение при очистке сточных вод механическими методами.

Реализация поставленной цели включает решение следующих задач:

- определение концентраций НП и ВВ в поверхностных сточных водах, образующихся на территориях различных загородных объектов АДК – автодорогах, АЗС, стоянках в зимний и летний сезоны;
- установление кинетических характеристик удаления НП и взвешенных веществ при отстаивании поверхностных сточных вод, образующихся на территории объектов АДК;
- математическое описание влияния параметров обработки на эффективность очистки поверхностных сточных вод от НП методом отстаивания.

4. Материалы и методы исследований

4. 1. Объект экспериментальных исследований

Объектом экспериментальных исследований являлись:

– поверхностные сточные воды зимнего сезона – снежный покров на территории загородных объектов АДК автодорог Р-46 и М-03 и расположенных на них ОДИ, а также на территориях, прилегающих к проезжей части объектов АДК;

– поверхностные сточные воды летнего сезона – искусственные смывы с водонепроницаемых покрытий проезжей части загородных объектов АДК.

Снежный покров на территориях, прилегающих к объектам АДК, не является истинным смывом с проезжей части этих объектов, но отражает основные тенденции загрязнения при весеннем снеготаянии почвенных и водных сред поллютантами, аккумулярованными снегом. Уровень загрязненности снега косвенно характеризует степень загрязнения атмосферы и прямо – поверхностного стока зимой, в результате которого произойдет загрязнение почв при весеннем таянье, а также поступление поллютантов в водотоки и водоемы с талыми водами [2].

Пробы снега отбирали на расстоянии 0,5 м от обочины проезжей части объектов АДК (в том числе снег, отбрасываемый с проезжей части). Контрольная проба снега была отобрана на расстоянии 200 м от дорожного полотна. Снег отбирали в стеклянные контейнеры на 10–20 сут. после снегопада с определенной площади (30х30 см) на полную глубину слоя. Перед анализом снег полностью оттаивали при комнатной температуре, а затем анализировали талую воду [2].

Пробы поверхностного стока с территорий объектов АДК получали методом смыва. Период без дождей перед отбором проб составлял 10–15 сут. Смыв выполняли ватным тампоном в определенный объем дистиллированной воды (500 см³) с определенной площади

дорожного покрытия, ограниченного деревянной па-леткой (~1500 см²). Уровень осадков (h), создаваемый таким смывом составлял ~3,3 мм. Таким образом, этот смыв (модельный поверхностный сток) был в 2–3 раза концентрированнее реальных поверхностных сточных вод, отводимых согласно [14] на очистку (отводимый уровень осадков 5–10 мм).

При лабораторном моделировании механической очистки поверхностных сточных вод методом отстаивания исследуемую сточную воду помещали в градуированные стаканы (объемом 500 мл). Количество стаканов соответствовало количеству вариантов в поставленном опыте. Воду отстаивали в течении 1–90 сут. Отстаивание в зимний период происходило в лабораторных условиях при температуре 150 С и скорости ветра 0,1 м/с, в летний период при температуре 22–260 °С при скорости движения воздуха 0,5–2 м/с. Пробы воды –надосадочную жидкость, отбирали зондом, не повреждая осадка и поверхностной пленки (в тех вариантах где она образовывалась).

4. 2. Методики определения состава сточных вод

Содержание НП в водной среде (модельный поверхностный сток и талый снег) определяли гравиметрическим методом, согласно нормативным требованиям [15]. Из воды поверхностного стока и талого снега НП экстрагировали хлороформом, затем растворитель удаляли при испарении, а остаток растворяли в гексане, отделяли полярные соединения при обработке на колонке с оксидом алюминия, удаляли растворитель и гравиметрически измеряли массу остатка [15]. При проведении анализа параллельно проводили экстракцию НП с применением только гексана. Это позволило фракционировать НП [16], загрязняющие поверхностные сточные воды, разделив на фракцию условно легких углеводородов – бензин, керосин, дизельные топлива (гексановый экстракт), и фракцию условно тяжелых углеводородов – высокомолекулярных и гетероорганических (разница между содержанием НП в хлороформенном и гексановом экстрактах).

Содержание ВВ устанавливали гравиметрически согласно методике, рекомендуемой нормативными документами Украины.

5. Результаты исследований

5. 1. Оценка экологической опасности поверхностных сточных вод, образующихся на территории объектов АДК

Как показал анализ поверхностных сточных вод зимнего сезона снежного покрова, отобранного на 20 день после снегопада, с территорий, прилегающих к объектам АДК (рис. 1), содержание в них НП на всех исследуемых участках превышало уровень ПДК для водных объектов (0,05 мг/дм³ [17]) в тысячи раз. Самые большие превышения ПДК отмечены в снежном покрове на территориях, прилегающих к стоянке для тяжелых грузовых автомобилей.

Экологическую опасность содержания НП в ливневых стоках летнего сезона, образующихся на территориях объектов АДК, рассчитали, учитывая их

3-х кратное концентрирование в искусственных смывах (рис. 2).

Как видно, самые большие концентрации НП отмечены в поверхностном стоке с территорий различных ОДИ АЗС и стоянки. Хотя интенсивность движения на АЗС (456-1108 авт/сут) была на порядок ниже, чем на автодорогах (14088-25248 авт/сут). Можно также отметить, что на объектах, где транспорт был статичен (у колонок АЗС), содержание НП в поверхностных сточных водах было значительно выше, чем на объектах, где транспорт был динамичен (съезды с АЗС и автодороги).

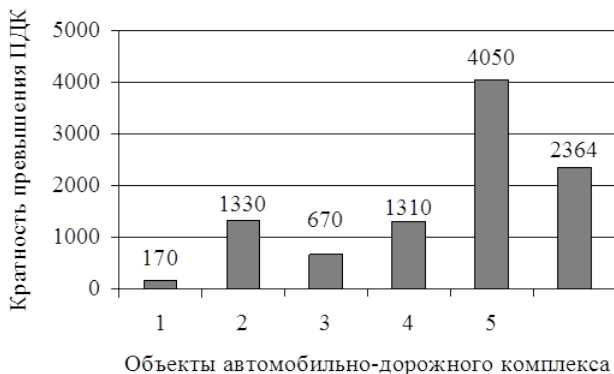


Рис. 1. Экологическая опасность содержания НП в поверхностных сточных водах зимнего сезона на территориях, прилегающих к объектам АДК: 1 – контроль, 2 – АЗС №1, 3 – АЗС №2, 4 – ШК, 5 – стоянка, 6 – автодорога Р-46

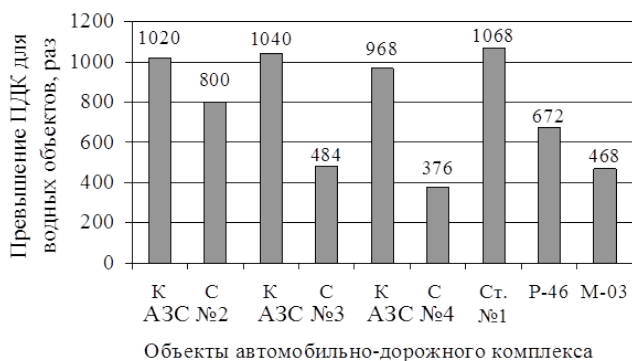


Рис. 2. Экологическая опасность содержания НП в поверхностном стоке летнего сезона на территориях объектов АДК: К – проба, отобранная у раздаточной колонки АЗС, С – проба, отобранная на съезде с АЗС, Ст. – стоянка

При исследовании фракционного состава НП в искусственных смывах с проезжей части, исследуемых объектов АДК, установлено, что в ливневом стоке с территорий ОДИ преобладают фракции условно тяжелых НП (рис. 3). А в поверхностных сточных водах с проезжей части автодорог преобладают условно легкие фракции НП (М-03 – 60 %, Р-46 85,1 %). Для живых организмов более токсичны легкие фракции НП (до С₁₄), [17].

В поверхностном стоке зимнего сезона (снежном покрове) на АЗС условно тяжелые фракции НП составляют 52 %, а на автодорогах 20–44 %.

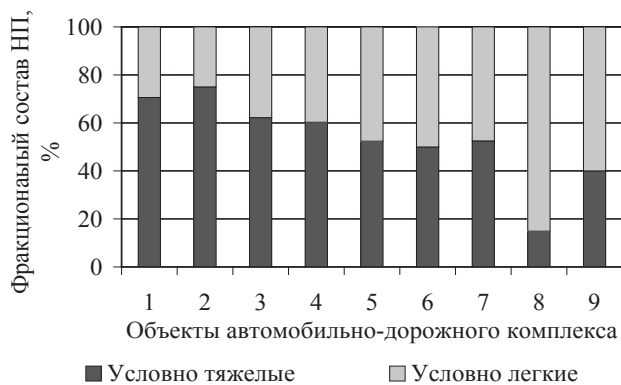


Рис. 3. Фракционный состав НП в модельных смывах с поверхности проезжей части, исследуемых объектов АДК: 1 – АЗС № 2 (у колонки), 2 – АЗС №2 (съезд), 3 – АЗС № 3 (у колонки), 4 – АЗС № 3 (съезд), 5 – АЗС № 4 (у колонки), 6 – АЗС № 4 (съезд), 7 – стоянка, 8 – автодорога Р-46, 9 – автодорога М-03

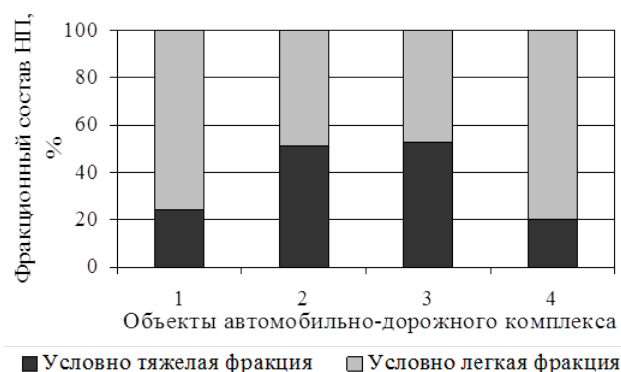


Рис. 4. Фракционный состав НП, в снежном покрове: 1 – контроль; 2, 3 – АЗС №1; 4 – загородная дорога Р-46

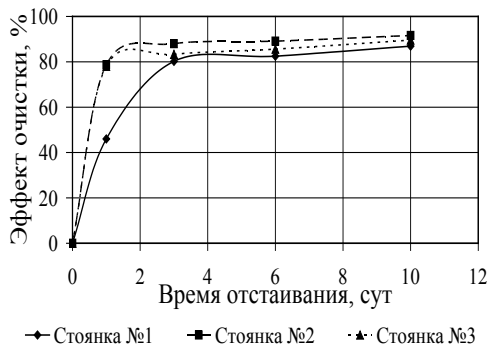
5. 2. Экспериментальные исследования эффективности очистки поверхностных сточных вод при оттаивании

Динамика эффективности очистки от ВВ и НП, при оттаивании поверхностных сточных вод, образующихся в летний сезон на различных автостоянках, представлена на рис. 5, а, б. Как видно, на 3 сут. оттаивания поверхностных сточных вод эффекты очистки от ВВ и НП в пробах практически стабилизировались (80–90 % по ВВ и 75–80 % по НП).

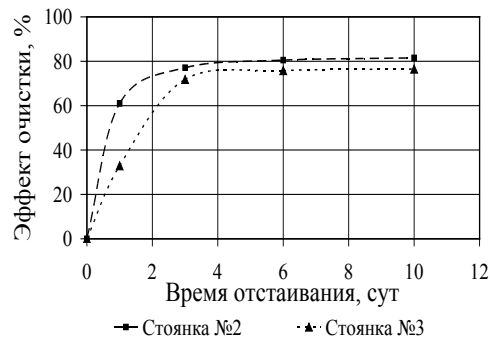
В процессе оттаивания (рис. 6) концентрация условно тяжелой фракции НП устойчиво и эффективно снижалась (эффект очистки 94 %), в то время как концентрация условно легкой фракции НП стабилизировалось практически через 1 сут. с очень низким эффектом очистки – 20 %. Таким образом, эффект очистки от НП при оттаивании был обусловлен удалением преимущественно условно тяжелой фракции.

В исследованных поверхностных сточных водах содержание НП и ВВ составляло от 10 до 28 %, а концентрация ВВ в обрабатываемой сточной воде влияла на эффект удаления НП при оттаивании (рис. 7).

Остаточные концентрации НП составляли 20–60 мг/дм³. Для доведения остаточных концентраций НП до нормативно допустимых требуется либо разбавление атмосферными осадками, либо доочистка.



а



б

Рис. 5. Эффективность очистки поверхностных сточных вод, образующихся на территориях стоянок: а – от ВВ, б – от НП

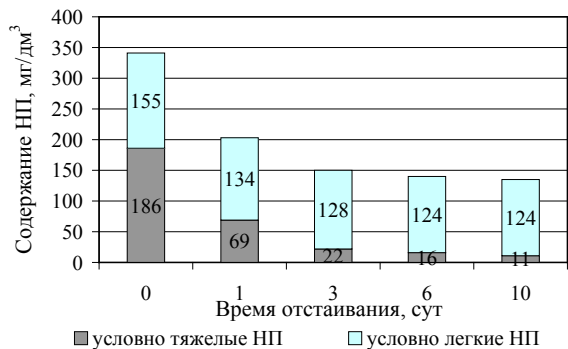


Рис. 6. Динамика фракционного состава НП в поверхностных сточных водах, образующихся на территории стоянки, в процессе отстаивания

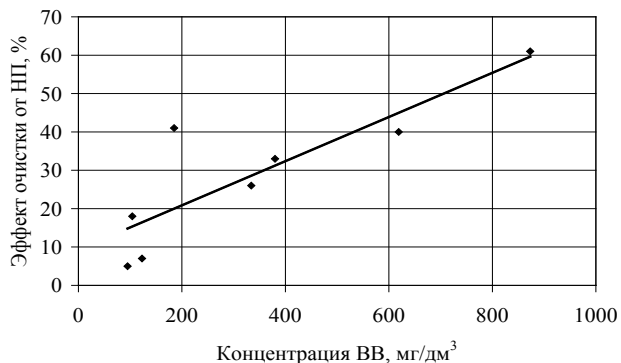


Рис. 7. Влияние концентрации ВВ в отстаиваемых сточных водах на эффективность удаления НП

5. 3. Зависимость эффекта очистки поверхностных сточных вод при отстаивании от параметров обработки (3-х факторный эксперимент)

Как показали результаты экспериментальных исследований, эффективность очистки поверхностных сточных вод с территории ОДИ от НП зависит в основном от 3-х параметров:

- концентрации НП в поступающих на очистку сточных водах $C_{НП}$;
- времени отстаивания сточной воды t ;
- концентрации ВВ в поступающих на очистку сточных водах $C_{ВВ}$.

В процессе экспериментальных исследований по отстаиванию поверхностных сточных вод, указанные выше основные параметры варьировали в следующих пределах табл. 3.

Таблица 3

Пределы варьирования основных экспериментальных показателей в данной модели

| Основные параметры | X^{\min} | X^{\max} |
|--------------------|------------|------------|
| $C_{НП}$, мг/дм³ | 85 | 341 |
| t , сут. | 1 | 10 |
| $C_{ВВ}$, мг/дм³ | 95 | 873 |

Независимые переменные представляли в виде безразмерных нормированных переменных. При рассмотрении функции отклика в виде линейного регрессионного уравнения с учетом эффекта парного взаимодействия значения новой безразмерной нормированной независимой переменной изменяются в диапазоне от -1 до 1 [18]. Для перевода размерных переменных в безразмерные, значения независимой переменной рассчитывали в так называемом центре плана по формуле (1):

$$X^0 = \frac{X^{\max} + X^{\min}}{2} \quad (1)$$

и определяли интервал варьирования по формуле (2):

$$\Delta X = \frac{X^{\max} - X^{\min}}{2} \quad (2)$$

Переход к безразмерным переменным определяли по формуле (3):

$$x = \frac{X^{\min} - X^0}{\Delta X} \quad (3)$$

Отсюда: $x_1 = -1$, $x_2 = -1$, $x_3 = -1$.

Для моделирования процессов очистки сточных вод от НП при отстаивании составили план трехфакторного эксперимента (табл. 4).

Таблица 4

План эксперимента

| Характеристика | $C_{НП}$, мг/дм³ | t , сут. | $C_{ВВ}$, мг/дм³ |
|-----------------------|-------------------|------------|-------------------|
| Основной уровень | 213 | 5,5 | 484 |
| Интервал варьирования | 142,25 | 4,5 | 389 |
| Верхний уровень | 341 | 10 | 873 |
| Нижний уровень | 85 | 1 | 95 |

Регрессионное уравнение (4) эффективности отстаивания поверхностных сточных вод с территории ОДИ имеет вид:

$$\begin{aligned} \Theta = & b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \\ & + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3, \end{aligned} \quad (4)$$

где b_i – неизвестные коэффициенты регрессионного уравнения; X_1, X_2, X_3 – безразмерные кодированные переменные, принимающие значения ± 1 .

Коэффициенты регрессионного уравнения находили по методу наименьших квадратов [18], и в матричной форме они имеют следующий вид:

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (5)$$

С учетом полученных коэффициентов регрессионное уравнение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \Theta = & 62,667 + 2,833X_1 + 7,167X_2 + \\ & + 18,25X_3 - 0,167X_1X_2 + 0,583X_1X_3 + 1,75X_2X_3. \end{aligned} \quad (6)$$

Как видно, наиболее значимым параметром, влияющим на эффективность удаления НП при отстаивании, является концентрация взвешенных веществ.

Для проведения регрессионного анализа [18]:

– проверяли результаты экспериментов на воспроизводимость в соответствии с критерием Кохрена:

$$G_{\text{расч.}} \leq G_{\text{табл.}}, \quad (7)$$

$$G_p = 0,219; G_{\text{max}} = 0,516; (0,219 < 0,516);$$

– рассчитывали коэффициенты регрессии и проверяли их на значимость в соответствии с критерием Стьюдента:

$$|b| \geq S_b \times t_{\text{кр}}. \quad (8)$$

Окончательно регрессионное уравнение имеет вид:

$$\Theta = 62,667 + 2,833X_1 + 7,167X_2 + 18,25X_3 + 1,75X_2X_3; \quad (9)$$

– после отбрасывания незначимых коэффициентов проверяли полученное уравнение регрессии на адекватность в соответствии с критерием Фишера:

$$F_p \leq F, \quad (10)$$

$$F_p = 2,5; F_{\text{кр}} = 3,01; (2,5 < 3,01).$$

Таким образом, полученное регрессионное уравнение является адекватным.

6. Обсуждение результатов экспериментальных исследований состава и очистки поверхностных сточных вод, образующихся на объектах АДК при отстаивании

Уровень загрязнения НП поверхностных сточных вод зимнего и летнего сезонов, образующихся на исследованных объектах АДК, свидетельствует о неопустимости их сброса без предварительной очистки в

природные среды, особенно водотоки. Причем загрязненность снежного покрова существенно превышает загрязненность ливневых смывов, что коррелируется с данными [2].

Автотранспорт в режиме статики и малой динамики (территория ОДИ) создает более высокое загрязнение среды, чем в режиме интенсивного движения (автодороги). Поэтому на территориях исследованных ОДИ формируются более экологически опасные поверхностные сточные воды (по кратности превышения загрязненности ПДК), чем на автодороге (рис. 1, 2). Но в поверхностных сточных водах, образующихся на автодорогах, преобладают легкие фракции НП, которые более токсичны для живых организмов. По-видимому, на концентрацию и фракционный состав НП, загрязняющих поверхностные сточные воды, влияют источники эмиссии НП выбросы отработавших газов, «малые» и «большие» дыхания (только на АЗС), испарения из открытых баков автомобилей (преимущественно на АЗС), протечки ГСМ и др., а также их способность к рассеиванию.

В моделируемых очистных сооружениях механической очистки снижение содержания НП в обрабатываемых сточных водах (максимальный эффект очистки – до 80 %) происходило, вероятно, в результате двух процессов: удаления летучих НП путем испарения и рассеивания, формирования осадка, в который переходили минеральные и органические ВВ, а также сорбируемые на них НП. Как видно из рис. 6, эффект очистки поверхностных сточных вод, образованных на стоянке, от НП обусловлен в основном удалением условно тяжелой фракции НП. Можно предположить, что после осаждения минеральных ВВ и сорбированных на них органических веществ (суспендированных и эмульгированных), завершающегося на 2–3 сут. отстаивания, в надосадочной жидкости остаются тонко диспергированные суспензии НП.

На эффект очистки поверхностных сточных вод от НП при отстаивании влияли концентрация НП в поступающих на очистку сточных водах, время отстаивания сточной воды и концентрация взвешенных веществ. Последний параметр по результатам трехфакторного эксперимента является наиболее значимым, что свидетельствует о перспективности доочистки этих сточных вод от НП адсорбционными методами.

Таким образом, загрязненность НП поверхностных сточных вод, образующихся на территориях ОДИ, выше, чем поверхностных сточных вод, образующихся на автодорогах, их фракционный состав более благоприятен для удаления отстаиванием, а сбор, отведение и очистка (как свидетельствует анализ данных научно-технической литературы [8, 10]) являются менее затратным проектом, чем аналогичные операции на автодорогах. Таким образом, хотя концентрация НП в поверхностных сточных водах, образующихся на территориях ОДИ, выше, чем в поверхностных сточных водах, образующихся на автодорогах, их фракционный состав более благоприятен для удаления отстаиванием. Кроме того, сбор, отведение и очистка ливневых стоков с территорий ОДИ являются менее затратным проектом, чем аналогичные операции на автодорогах [8, 10]. Поскольку остаточные концентрации НП в отстаиваемых поверхностных сточных водах выше ПДК, то при организации на ОДИ сооружений

для очистки необходимо предусмотреть достаточное разбавление отстоянных сточных вод атмосферными осадками и при необходимости вторую ступень очистки, например, фильтрование [12].

7. Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что:

1. Концентрация НП в поверхностных сточных водах, образованных на исследованных объектах АДК, превышали ПДК для водных объектов ($0,05 \text{ мг/дм}^3$) в тысячи раз. В поверхностных сточных водах, образующихся на ОДИ АЗС и стоянках, концентрации НП

выше, чем в поверхностных сточных водах, образующихся на автодорогах.

2. Эффекты очистки поверхностных сточных вод от ВВ и НП стабилизировались на 2–3 сут отстаивания (80–90 % по ВВ и 75–80 % по НП). Причем условно тяжелые НП, которые преобладают в составе поверхностных сточных вод, образующихся на ОДИ, удалялись эффективнее (до 86 %), чем условно легкие.

3. По результатам трехфакторного эксперимента установили, что из трех факторов концентрации НП в поступающих сточных водах, времени отстаивания и концентрации ВВ, на эффект очистки поверхностных сточных вод от НП при отстаивании наиболее значимое воздействие оказывает концентрация ВВ.

Литература

1. Пшенин, В. Н. Загрязнение ливневых стоков с автомобильных дорог [Текст] / В. Н. Пшенин, В. И. Коваленко // Вестник ИНЖЭКОНА. – 2007. – Вып. 6 (19). – С. 140–145.
2. Долматова, Л. А. Органические вещества в снеговом покрове прибрежной части р. Барнаулки [Текст] / Л. А. Долматова, М. А. Гусева // Ползуновский Вестник. – 2004. – № 2. – С. 150–154.
3. Юрченко, В. А. Исследования поверхностных сточных вод с автомобильных дорог и дорожно-инфраструктурных комплексов [Текст] / В. А. Юрченко, О. Г. Мельникова, М. В. Ячник // Автошляховик України. – 2014. – №5 (241). – С. 43–47.
4. Polkowska, Z. Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from a major urban highway (Gdansk Beltway, Poland) [Text] / Z. Polkowska, K. Skarżyńska, A. Dubiella-Jackowska, W. Staszek, J. Namieśnik // Global NEST Journal. – 2007. – Vol 9, Issue 3. – P. 269–275.
5. Golwer, A. Traffic and transport: Control and protection [Text] / A. Golwer, O. Schmoll, G. Howard, J. Chilton, I. Chorus // World Health Organization. Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources. London : IWA Publishing, 2006. – P. 653–662.
6. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України № 37 від 19.02.02р. [Текст]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0403-02>
7. Мостепан, Е. В. Исследование влияния ливневых вод с водосборных территорий города на состояние водных объектов [Текст]: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / Е. В. Мостепан // Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортных сооружений. – Белгород, 2009. – С. 261–263.
8. Bruen, M. Impact assessment of highway drainage on surface water quality [Text] / M. Bruen, P. Johnston, M. Quinn, M. Desta, N. Higgins, C. Bradley, S. Burns. – Wexford : Environmental Protection Agency, 2006. 272 p.
9. Перевозников, Б. Ф. Сооружения системы водоотвода с проезжей части автомобильных дорог (Автомобильные дороги: обзорная информация / Информавтодор. Вып. 2). [Текст] / Б. Ф. Перевозников, А. А. Ильина. – М., 2002. – 60 с.
10. Ильина, А. А. Мероприятия по снижению уровня загрязнения ливневых и талых поверхностных стоков с автомобильных дорог. Вып. 3 [Текст]: науч.-техн. информ. сб. / А. А. Ильина // Новости в дорожном деле. – М., 2004. –
11. Автомобильные дороги [Текст] СНиП 2.05.02-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ГУП ЦПП, 1987.
12. Brannvall, E. Improvement of storm water runoff treatment system with natural mineral sorbent [Text] / E. Brannvall // Geologija. Vilnius. – 2007. Vol. 59. P. 72–76.
13. Piguet, P. Road runoff over the shoulder diffuse infiltration [Text] / P. Piguet. – Real-scale experimentation and optimization. Suisse, 2007. – 277 p.
14. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Текст]: ДБН В.2.5. – 75:2013. – К., 2013. – 128 с.
15. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод. [Текст] / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова; 4-е изд., перераб. – М. : Химия, 1974. – 336 с.
16. Turlough, F. G. The extraction of aged polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) residues from a clay soil using signification and a soxhlet procedure: a comparative study [Text] / F. G. Turlough // Journal of Environmental Monitoring. – 1999. – Vol. 1, Issue 1. – P. 63–67. doi: 10.1039/a807307d
17. Назаров, А. В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения [Текст] / А. В. Назаров // Вестник пермского университета. – 2007. – Вып. 5 (10). – С. 14–16.
18. Мухачёв, В. А. Планирование и обработка результатов эксперимента [Текст]: учеб. пособие / В. А. Мухачёв. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.