УДК 628.39

• © В.О. Юрченко, докт. техн. наук, проф. (ХНАДУ),
• © М.В. Коротченко, зав. відділу (ДерждорНДІ),
• © О.В. Бригада (ХНАДУ),
• © Л.С. Михайлова (ХНАДУ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. *Експериментальні дослідження змивів з автомобільних доріг установили, що завислі речовини в змивах неефективно осаджуються при відстоюванні, що вимагає спеціальних рішень із механічного очищення цієї категорії стічних вод. У деяких змивах виявлені також екологічно небезпечні концентрації амонійного азоту, який необхідно видаляти перед скиданням стоків у поверхневу водойму.*

Ключові слова: *змиви з автомобільних доріг, водовідведення, завислі речовини, нафтопродукти, амонійний азот, очищення.*

Аннотация. *Экспериментальные исследования смывов с автомобильных дорог установили, что взвешенные вещества в смывах неэффективно осаждаются при отстаивании, что требует специальных решений по механической очистке этой категории сточных вод. В некоторых смывах выявлены также экологически опасные концентрации аммонийного азота, который необходимо удалять перед сбросом стоков в поверхностный водоем.*

Ключевые слова: *смывы с автомобильных дорог, водоотведение, взвешенные вещества, нефтепродукты, аммонийный азот, очистка.*

Annotation. *Experimental researches of washouts from highways have established that the suspended matters in washouts are inefficiently besieged at settling that demands special decisions on mechanical clearing for this category of sewage. In some washouts ecologically dangerous concentration ammonium nitrogen which is necessary for deleting before dump of drains in a superficial reservoir are revealed also.*

Keywords: *washouts from highways, the water removal, the suspended matters, mineral oil, ammonium nitrogen, clearing.*

Однією з основних задач підвищення технічного рівня автомобільних доріг, безпечного руху та екологічної безпеки їх експлуатації є забезпечення вчасного та цілеспрямованого збирання та відведення води з поверхні автомобільних доріг з наступним її очищенням від забруднення. Зневага до цієї проблеми має дуже негативні наслідки як для експлуатації доріг (зниження міцності дорожнього одягу, порушення стійкості земляного полотна, скорочення міжремонтних строків тощо), так й для рівня безпеки та зручності руху транспортних засобів [1].

Стік дощових і талих вод, що утворюються в результаті випадання атмосферних опадів на територію міст та селищ, є одним з основних джерел забруднення ґрунтів та об'єктів гідросфери. Дослідження впливу транспортних засобів на оточуюче середовище, частіше за все зводиться до оцінки забруднення повітряного середовища та шумового рівня, і незначна увага приділяється інгредієнтному забрудненню дорожніми поверхневими стоками прилеглої до автомобільної дороги та мостового переходу території, водоймищ та ґрунтових вод [1 – 3].

У великих містах та на заміських швидкісних автомобільних дорогах поверхневий стік – це значні об'єми стічних вод, які частіше без очищення, з концентраціями забруднюючих речовин, що в декілька раз перевищують гранично допустимі значення, потрапляють до водних об'єктів і на прилеглу територію. Найбільшу екологічну небезпеку у цих стічних водах створюють нафтопродукти, до складу яких входять олефіни, циклічні та ароматичні сполуки, кетони, альдегіди та інші органічні речовини. Негативний вплив поверхневого стоку з автомобільних доріг на оточуюче середовище пов'язано також з вмістом в стічних водах зважених речовин різної природи та сполук, які використовуються для протиожеледних заходів [2 – 6].

Екологічна безпека забрудненого поверхневого стоку для ґрунтів прилеглих територій та водойм кардинально підвищується при відсутності або

непрацездатності системи збирання поверхневих вод з покриття проїзної частини дорожньо-мостових споруд та відведення стоків на очищення. У вирішенні проблеми відведення та очищення води з поверхні автомобільних доріг особливе місце займає дослідження, які спрямовані на удосконалення методологічної бази проектування і розрахунку системи поверхневого водовідведення з ціллю розроблення оптимальних проектно-будівельних рішень та ремонтно-відновлюючих заходів. Не дивлячись на наявність типових інженерних рішень із влаштування поверхневого водовідведення, ряд питань як типового, так й індивідуального проектування досі вимагає уточнення, поглибленого вивчення та узагальнення накопиченого досвіду [1, 3, 4]. Важливим елементом, який закладається в передпроектні та проектні розробки систем водовідведення, є технологічний аналіз стічних вод – встановлення ступеня та природи забруднення води, виявлення можливості застосування тих або інших методів очищення та особливостей поведінки компонентів стічних вод в процесі оброблення, обґрунтування методів управління процесами очищення води. Це дослідження, типове для проектування систем відведення й очищення міських і промислових стічних вод, для об'єктів водовідведення на автомобільних дорогах має свої особливості. Так, у вітчизняній науково-технічній літературі ми не знайшли стандартизовані методики відбору проб стоків з автомобільних доріг.

Мета роботи – технологічний аналіз складу та освітлення поверхневих стоків з автомобільних доріг, які отримуються методом змивів.

Об'єкт дослідження – змиви з територій автомобільної стоянки та автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху транспорту у м. Харків.

Для отримання проб поверхневого стоку з автомобільних доріг використовували відомий в мікробіології метод: змив ватним тампоном в певний об'єм дистильованої води (500 см^3) із заданої площі дорожнього покриття (~1500 см^2, яку позначали дерев'яною палеткою). Період без дощів перед відбором проб склав 2 тижні. В отриманих змивах відповідно до нормативних методик з аналізу стічних вод визначали pH середовища електрометричним методом, концентрацію завислих речовин і концентрацію органічних сполук в завислих речовинах (після прожарення при t = 800 °С) – гравіметричним методом, концентрацію іонів NH_4^+ – з реактивом Неслера.

Виходячи з площі змиву та об'єму змиваючої води можна за формулою розрахунків характеристик поверхневого стоку, що розроблені в різних нормативних документах (СНиП 2.04.03–85 "Канализация. Наружные сети и сооружения", "Улаштування поверхневого водовідведення на територіях міст і селищ" СОУ ЖКГ 41.00–350772340018:2009. Рекомендації забезпечення ефективного відведення міських зливових стоків та визначення параметрів очисних споруд. Посібник до державних будівельних норм), перерахувати отримані гідрохімічні показники змивів в характеристики, адекватні тим, які отримують при аналізі реального дощового змиву з дороги.

Сильна злива дає шар води більше ніж 40 мм, а невелика злива – 1–2 мм. У м. Харків рівень опадів за теплий сезон року складає близько 300 мм, а кількість сильних зливів – 5–8 мм. Таким чином, середній рівень опадів за інтенсивний дощ складає близько 46 мм. У наших дослідженнях рівень води (h), який утворюється змивом складає:

$$h = \frac{500 \cdot 10}{1500} \approx 3{,}3 \text{ (мм)}.$$

Найвищі концентрації забруднюючих в зливових стоках спостерігається в перші 10–20 хв дощу, тобто в період, який складає 40–60 % тривалості інтенсивного дощу. Отже, у перші 10–20 хв дощу випадає до 23 мм опадів. Таким чином, стоки з автомобільних доріг, які отримуються методом змивів, були приблизно у 7 раз більш концентровані ніж реальні, які утворюються в перші 10–20 хв дощу.

Розташування ділянок автомобільних доріг, де проводились змиви, та інтенсивність руху на них наведені на **рис. 1** і у **табл. 1**.

Як видно з даних **табл. 1**, найбільша інтенсивність руху автомобілів спостерігалась на ділянках № 2 і № 3 (вул. Шевченко), а найменша – на ділянках № 5 і № 6 (в'їзд на автомобільну заправку та Бутовський в'їзд).

Найбільш розповсюдженим методом очищення змивів з автомобільних доріг є механічний, а саме, відстоювання для видалення завислих речовин. На осадження завислих речовин впливає цілий ряд факторів, у тому числі дисперсний та хімічний склад завислих речовин. Дані дослідження завислих речовин в отриманих змивах наведені у **табл. 2**.

Як видно з даних **табл. 2**, найбільша концентрація завислих речовин спостерігається в пробі № 1 (кут вул. Шевченко та Бутовського в'їзду), а найменша – в пробі № 5 (в'їзд на автомобільну заправку). Фактично ділянка № 1 знаходиться на шляху змиву з вул. Шевченко, тому характеристики його змивів ближче до характеристик змивів з ділянок вул. Шевченко, а не Бутовського в'їзду. Таким чином, в отриманих результатах відмічається кореляція між інтенсивністю руху автотранспорту та концентрацією завислих речовин в змивах з доріг. Абсолютне значення концентрації завислих речовин в отриманих змивах перевищує концентрації завислих речовин, встановлених різними авторами безпосередньо в поверхневому стоці з доріг [3 – 6], у 2 – 10 раз (у середньому у 6 раз), що кореспондується з нашими розрахунками концентрації завислих речовин в отриманих штучно змивах. Важливу інформацію для вирішення питань про методи

Рис. 1. **Ділянки відбору проб змивів**

Таблиця 1

Інтенсивність руху на дослідних ділянках автомобільних доріг м. Харків

№ проби	Ділянка дослідження	Інтенсивність руху, авт/год
1	Кут вул. Шевченко та Бутовського в'їзду (обочина)	36 – 1 468
2	Вул. Шевченко перед зупинкою Управління МЧС (узбіччя)	1 364 – легкових, 104 – вантажних
3	Автомобільна стоянка Управління МЧС	
4	Вул. Шевченко, після зупинки Управління МЧС (узбіччя)	1 364 – легкових, 104 – вантажних
5	В'їзд на автомобільну заправку по вул. Шевченко (середина дороги)	44 легкових та вантажних
6	Бутовський в'їзд (середина дороги)	36 легкових та вантажних

Таблиця 2

Характеристики завислих речовин в отриманих змивах з доріг

№ проби	Концентрація завислих речовин, мг/дм³	Концентрація неорганічних завислих речовин		Концентрація органічних завислих речовин	
		мг/дм³	% від маси завислих речовин	мг/дм³	% від маси завислих речовин
1	2 132	1 670	78,3	462	21,7
2	1 566	1 192	76,1	374	23,9
3	1 927	709	36,8	1 218	63,2
4	1 028	739	71,9	289	28,1
5	628	444	70,7	184	29,3
6	1 061	704	66,4	357	33,6

очищення стічних вод має фракціонування завислих речовин за хімічною природою: визначення концентрації органічних і неорганічних компонентів. Основна маса органічних речовин в частках, суспендованих в змивах з автомобільних доріг, представлена важкими нафтопродуктами, які утворюються головним чином в результаті стирання дорожнього покриття та автомобільних шин [1, 5, 6]. Як видно з отриманих даних, найвища концентрація органічних сполук серед завислих речовин спостерігаються в змиві з територій автостоянки (проба № 3 – 63,2 %) та з покриття Бутовського в'їзду, на якому також паркуються автомобілі (проба № 6 – 33,6 %). Орієнтовна концентрація важких нафтопродуктів в змивах з ділянок, де відбувається паркування автомобілів (проби № 3 і № 6), визначена за часткою органічної компоненти завислих речовин, складає від 357 мг/дм³ до 1218 мг/дм³, а в перерахунку на перші 20 хв дощу – 51–174 мг/дм³. На інших дослідних частка органічних речовин

у завислих речовинах складає від 21,7 % до 29,3 %, а їх концентрація (від 184 мг/дм³ до 462 мг/дм³) позитивно корелює з інтенсивністю руху. Таким чином, навіть при урахуванні розбавлення в реальних змивах після 10–20 хв дощу орієнтовна концентрація суспендованих нафтопродуктів у змивах з доріг може досягати 60 мг/дм³.

Пряме визначення концентрації нафтопродуктів в отриманих змивах з автомобільних доріг (екстракція гексаном), виявило значно більш низькі концентрації цього забруднення, що свідчить про те, що нафтопродукти в модельних змивах є нерозчинними у воді високомолекулярними сполуками, які важко екстрагувати органічними розчинниками.

Експериментальні дослідження встановили низьку ефективність осадження завислих речовин в отриманих змивах з автомобільних доріг. Одна з причин такого явища – присутність у водному середовищі важких суспендованих нафтопродуктів (**табл. 3**). Піщана фракція в змивах осаджується протягом декількох секунд, а далі освітлення рідини практично припиняється.

Як свідчать отримані дані, навіть через 2 години відстоювання концентрація завислих речовин в обробленій стічній воді залишається високою та, у ряді проб навіть при розрахунковому розбавленні в реальних умовах (у 7 разів), недопустимою для скиду в природні водойми. Таким чином, для оброблення змивів з автомобільних доріг типового двогодинного відстоювання недостатньо.

Дослідження хімічного складу отриманих змивів показали, що в них присутні підвищенні концентрації амонійного азоту (**табл. 4**).

Таблиця 3

Концентрація завислих речовин в модельних стоках після двогодинного відстоювання

№ проби	Концентрація завислих речовин, г/дм³
1	0,42
2	0,29
3	0,65
4	0,31
5	0,29
6	0,84

Таблиця 4

Концентрація амонійного азоту та активна реакція середовища в змивах з автомобільних доріг

№ проби	pH водного змиву	Концентрація N–NH4, мг/дм³
1	7,81	4,6
2	8,70	3,1
3	7,51	13,2
4	8,65	3,4
5	8,41	3,7
6	7,81	13,4

Як свідчать наведені дані, відмічається певна кореляція активної реакції середовища в змивах із доріг з інтенсивністю руху автомобілів: чим вище інтенсивність, тим вище значення pH змивів. Найвищі концентрації амонійного азоту встановлені в змивах з ділянок, де відбувається паркування автомобілів (автомобільна стоянка, Бутовський в'їзд). Навіть з урахуванням розбавлення зміву в перші 10–20 хв дощу порівнюючи зі змивами, які отримані штучно (у 7 разів), концентрація амонійного азоту в змивах із цих ділянок може досягати екологічно небезпечних концентрацій та вимагає спеціальних заходів для очищення.

Висновки

Запропонований метод оцінювання прогнозованого складу стоків з автомобільних доріг за допомогою аналізу штучних шляхів дозволяє об'єктивно встановити абсолютні концентрації забруднюючих речовин та кількісні співвідношення між ними.

Технологічний аналіз встановив у змивах із автомобільних доріг високий вміст важких фракцій нафтопродуктів, які негативно впливають на осадження завислих речовин. У схемі очищення таких стічних вод необхідно передбачати спеціальні заходи із інтенсифікації осадження суспензії (коагуляція, флокуляція) у відстійниках або застосовувати інші методи очищення.

У змивах з автомобільних доріг на ділянках паркування автомобілів встановлено підвищений вміст амонійного азоту, що узгоджується з даними інших авторів [1, 4, 6]. Для очищення змивів з автомобільних доріг від цього забруднення необхідно передбачати спеціальні заходи.

Запропонований метод дозволяє прогнозувати рівень екологічної безпеки стоків з конкретних ділянок автомобільних доріг для природних водних і ґрунтових екосистем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ильина А.А. Влияние автомобильного транспорта на загрязнение поверхностных стоков с автомобильных дорог и мостов // [Ильина А.А.] / Новости в дор. деле: Науч.-техн. информ. сб. / ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР". – М., 2004. – Вып. 2.

2. Мостепан О.В. Оцінка впливу забруднення зливових вод з поверхні автомобільних доріг на навколишнє середовище: Дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01. – Харків, 2004. – 251 с.

3. Евгеньев И.Е. Автомобильные дороги в окружающей среде / [Евгеньев И.Е., Каримов Б.Б.] — М.: ООО "Трансдорнаука", 1997. – 285 с.

4. Леонов Е.А. Проблемы очистки сточных вод с поверхности автомобильных дорог на примере кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга // [Леонов Е.А., Михайлова М.С.] / Жизнь и безопасность. – 2002. – № 3. – С. 280–286.

5. Wong T. Water sensitive road design – design options for improving stormwater quality of road runoff // [Wong T., Breen P., Lloyd S.] / Technical report, Cooperative Research centre for catchment hydrology. – 2000. – 83 p.

6. Polkowska Ż. Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from a major urban highway (Gdansk Beltway, Poland) // [Polkowska Ż., Skarżyńska K., Dubiella-Jackowska A., Staszek W., Namieśnik J.] / Global NEST Journal, Vol 9, No 3. – 2007. – P. 269–275.