



УДК 628.39

- © В.А. Юрченко,
- © О.Г. Мельникова,
- © М.В. Ячник (ГП “ГосдорНИИ”, ХНАДУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ДОРОЖНО-ИНФРАСТРУКТУРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**Аннотация.** Определено содержание нефтепродуктов в поверхностных сточных водах (модельных смывах и снеге), образующихся на автомобильных дорогах и проезжей части дорожно-инфраструктурных комплексов. Установлено, что в поверхностном стоке с территории дорожно-инфраструктурных комплексов концентрация нефтепродуктов и их тяжелых фракций в 1,5 – 1,6 раза выше, чем в смывах с автомобильных дорог.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, поверхностные сточные воды, дорожно-инфраструктурные комплексы, загрязнение, нефтепродукты, фракционирование.

**Анотація.** Визначено вміст нафтопродуктів у поверхневих стічних водах (модельних змивах і снігу), що утворюються на автомобільних дорогах і проїзній частині дорожньо-інфраструктурних комплексів. Встановлено, що в поверхневому стоці з території дорожньо-інфраструктурних комплексів концентрація нафтопродуктів та їх важких фракцій у 1,5 – 1,6 рази вища, ніж у змивах з автомобільних доріг.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, поверхневі стічні води, дорожньо-інфраструктурні комплекси, забруднення, нафтопродукти, фракціонування.

**Annotation.** The mineral oil content in surface runoff (modelling washouts and a snow), formed on highways and carriageway of road infrastructural complexes is defined. It is established, that the concentration of mineral oil and their heavy fractions in a surface runoff from territory of road infrastructural complexes are in 1,5 – 1,6 times above, than in surface runoff from highways.

**Key words:** road, surface runoff, road infrastructure facilities, pollution, mineral oil, fractionation.

### Введение

Эксплуатация автомобильных дорог и дорожно-инфраструктурных комплексов (далее – ДИК) – АЗС), стоянок, шиномонтажных комплексов, оказывает большую техногенную нагрузку на природные экосистемы в результате интенсивной эмиссии ингредиентных и параметрических загрязнений [1]. Природоохранные исследования влияния транспортных средств на окружающую среду, акцентируется главным образом на загрязнении атмосферы и негативном влиянии шума, обходя вниманием ингредиентное загрязнение территорий, прилегающей к автомобильной дороге, водоемов и грунтовых вод смывами (поверхностными стоками) с автодорог и ДИК. Поверхностные сточные воды, образующиеся при выпадении осадков

на автомобильные дороги и территории ДИК, расположенных вдоль дороги, содержат целый ряд экологически опасных веществ: бензин, керосин, топливные и смазочные масла, бензол, толуол, ксилолы, фенолы, металлоорганические соединения и др. Перечисленные соединения составляют около 90 % от суммарного количества всех органических примесей, содержащихся в смывах с автомобильных дорог [2]. По кратности превышения ПДК для водных объектов наибольшую экологическую опасность в этих поверхностных сточных водах представляют нефтепродукты (далее – НП), в состав которых входят, как высоко токсичные соединения первого-второго классов опасности – полициклические ароматические углеводороды, так и умеренно токсичные вещества третьего



и четвертого классов опасности – алканы, альдегиды, кетоны и другие органические соединения. Но любой из НП, поступая в водные или почвенные экосистемы, в результате биохимических и химических трансформаций может стать чрезвычайно вредной примесью, загрязняющей почву и гидросферу [3]. Для защиты природных сред от загрязнения компонентами поверхностных сточных вод с объектов автомобильно-дорожного комплекса и разработки технически рациональных и экономически целесообразных систем их очистки необходимо установить количественные характеристики загрязнения.

**Цель работы** – экспериментальная оценка загрязнения нефтепродуктами поверхностного стока, образующегося в различные сезоны года на автомобильной дороге и территории дорожно-инфраструктурных комплексов.

### Основная часть

Исследуемый автомобильно-дорожный комплекс включал автомобильную дорогу второй категории Р-46 Харьков–Ахтырка и расположенные на ней ДИК: АЗС, шиномонтажный комплекс (ШК) и автостоянку. Характеристики объектов автомобильно-дорожного комплекса, на которых отбирали поверхностные сточные воды представлены в **табл. 1**.

*Таблица 1*

**Объекты автомобильно-дорожного комплекса, на которых отбирали пробы поверхностного стока**

Автомобильно-дорожный объект	Наличие бордюра	Интенсивность движения, авт/сут
АЗС №1	+	1 108
АЗС №2	+	456
Автостоянка	+	–
ШК	–	210
Автодорога Р-46	–	19 200

Пробы поверхностного стока с автомобильной дороги и ДИК получали методом смыва. Его выполняли ватным тампоном в определенный объем дистиллированной воды (500 см<sup>3</sup>) с определенной площади дорожного покрытия, ограниченного деревянной рамкой (~ 1 500 см<sup>2</sup>). Такой смыв (модельный поверхностный сток) был приблизительно

в 5 – 7 раз концентрированнее реальных поверхностных сточных вод, образующихся в первые 10 – 20 мин. дождя [4]. Период без дождей перед отбором проб составлял 10 дней.

Атмосферные осадки зимнего сезона – снег, являются эффективным сорбентом – накопителем различных веществ, переносимых ветром или выпадающих вместе с атмосферными осадками. Уровень загрязненности снега поллютантами косвенно характеризует степень загрязнения ними атмосферы и прямо – поверхностного стока зимой, в результате которого произойдет загрязнение почв при весеннем таянии, а так же поступление поллютантов в водотоки и водоемы весной с тальми водами [3].

Пробы снега отбирали на расстоянии 0,5 м от автомобильной дороги и ДИК (обочины). Контрольная проба снега была отобрана на расстоянии 200 м от дорожного полотна. Период экспозиции снега до отбора проб составил 15 дней. Снег отбирали в пластиковые контейнеры на 15-й день после снегопада с определенной площади (30 × 30 см) на полную глубину слоя, транспортировали в лабораторию и хранили в холодильнике до анализа. Снег перед анализом оттаивали при комнатной температуре в стеклянной посуде, а затем анализировали талую воду [3].

Содержание НП в водной среде (модельный поверхностный сток и талый снег) определяли гравиметрическим методом [5]. 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 [5]. При проведении анализа параллельно проводили экстракцию НП с применением только гексана. Это позволило фракционировать НП [6], загрязняющие поверхностные сточные воды, разделив на фракцию условно легких углеводородов – бензин, керосин, дизельное топливо (гексановый экстракт), и фракцию условно тяжелых углеводородов – высокомолекулярных и гетероорганических (разность между содержанием НП в хлороформенном и гексановом экстрактах).

### Результаты и обсуждение

Результаты определения содержания и фракционирования НП, в модельных поверхностных стоках представлены в **табл. 2** и на **рис. 1**. Как видно из данных **табл. 2**, самое высокое содержание НП установлено в смывах с проезжей части автостоянки. Общее количество НП в модельных смывах с территорий ДИК значительно превышает их содержание

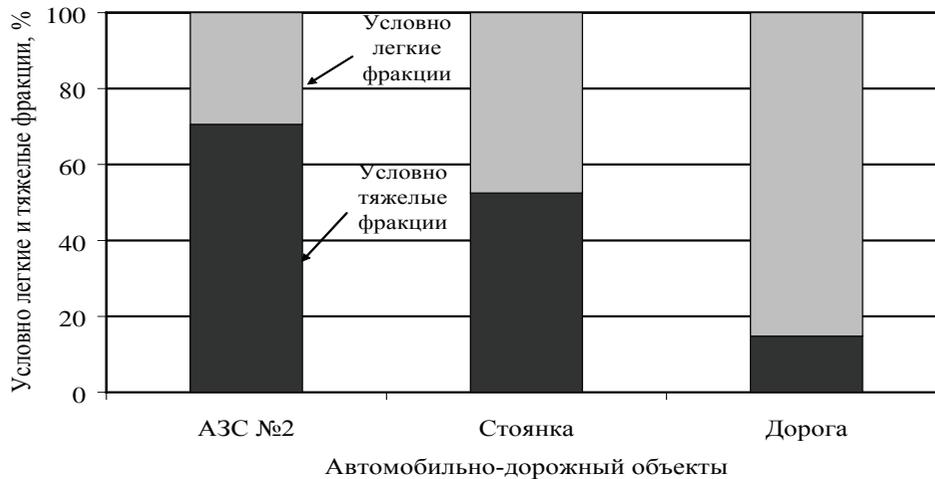


Рис. 1. Фракционный состав НП, загрязняющих модельные смывы с автомобильно-дорожных объектов

в смывах с автомобильной дороги: на АЗС в 1,5 раза, на автостоянке – в 1,6 раза. Вероятно, это обусловлено тем, что автомобили, отстаивающиеся на автостоянке и АЗС, имеют протечки горюче-смазочных материалов (ГСМ), которые поступают на твердое покрытие. Кроме того, старт и остановка автомобилей являются режимом наибольшего выброса отработавших газов [7]. Фракционный состав НП в смывах с автомобильных дорог и с поверхности ДИК так же отличается (рис. 1). Необходимо отметить, что наиболее негативное воздействие на природные среды оказывает фракция высокомолекулярных и гетероорганических углеводов, извлекаемая только с помощью хлороформа (условно тяжелая фракция) [6]. В смывах на территории АЗС № 2 тяжелая фракция НП достигает 70,6 % от общего загрязнения НП, в смывах на автостоянке – 52,5 %, а в смывах на дороге тяжелая фракция составляет лишь 14,9 %.

Установленные отличия можно объяснить тем, что выбрасываемые автотранспортом НП распро-

страняются от автомобильной дороги в виде отработавших газов – газообразных веществ и аэрозолей, представленных преимущественно легкими фракциями. А ДИК являются источником эмиссии в окружающую среду большого количества ГСМ в виде разливов и протечек, в составе которых преобладают именно тяжелые фракции НП.

Полученные данные свидетельствуют, что ДИК эмитируют с поверхностными сточными водами в природную среду более экологически опасные НП. Однако на ДИК локализация образующегося поверхностного стока, его отведение и очистка технически и технологически намного проще и экономичнее, чем проведение тех же мероприятий с поверхностным стоком с автодорог.

Состав поверхностного стока, образуемого водой снеготаяния и дождевой водой, существенно отличается [8, 9]. Снежный покров аккумулирует загрязнения из атмосферного воздуха намного активнее, чем дождевая вода. В итоге на одних и тех же объектах концентрация загрязнений в поверхностном стоке снеготаяния выше концентрации этих же загрязнений в дождевой воде. В наших исследованиях несколько отличались и участки отбора проб поверхностного стока на объектах: дождевой смыв отбирали непосредственно с дорожного полотна, а снежный покров – с обочины проезжей части. Корректно говоря, снежный покров не является истинным смывом с проезжей части автомобильно-дорожных комплексов, но отражает определенные тенденции загрязнения водных сред этими техническими объектами, а также неизбежно попадает на дорожное полотно при снеготаянии. Результаты количественного исследования НП, аккумулированных снежным покровом на территориях, которые прилегают к автомобильной дороге и ДИК, приведены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 2

Содержание НП в модельном поверхностном стоке с поверхности автомобильной дороги и территорий ДИК

ДИК	Содержание НП, мг/дм <sup>3</sup>		
	Общие НП	Условно легкие НП	Условно тяжелые НП
АЗС №2	153	45	108
Автостоянка	160	76	84
Автодорога Р-46	101	86	15

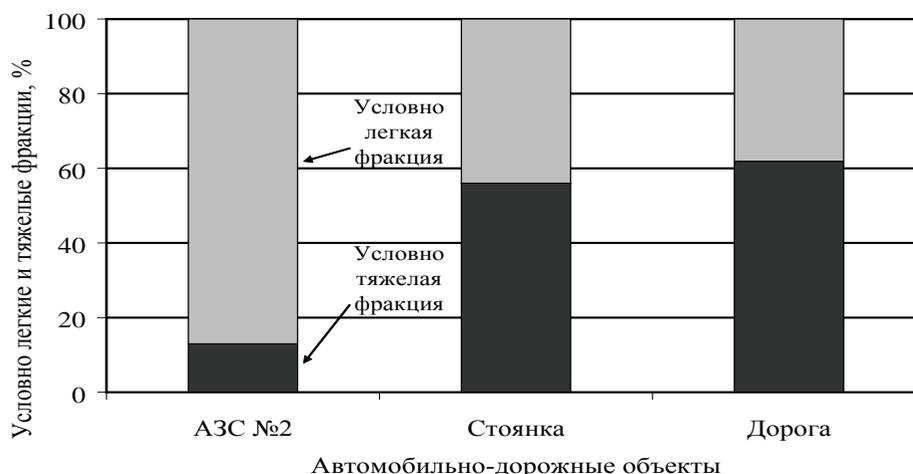


Рис. 2. Фракционный состав НП, загрязняющих снег на обочинах автомобильно-дорожных объектов

Таблица 3

Содержание НП в пробах талого снега с территорий, прилегающих к автомобильной дороге и ДИК

ДИК	Содержание НП, мг/дм <sup>3</sup>		
	Общие НП	Условно легкие НП	Условно тяжелые НП
Контроль	8,5	5,7	2,8
АЗС №1	66,5	31,5	35,0
АЗС №2	38,5	33,5	5,0
Автостоянка	202,5	89,0	113,5
ШК	65,5	57,0	8,5
Автомобильная дорога Р-46	305,9	116,5	189,4

Как видно из данных табл. 3, концентрация НП в снежном покрове на обочине автомобильной дороги и проезжей части исследованных ДИК, значительно превышала концентрацию НП в контрольной пробе: на территории АЗС № 1 и № 2 – в 4,5 – 7,8 раза, на территории ШК – в 7,7 раза, на автостоянке – в 23,8 раза. В снежном покрове на обочине автомобильной дороги концентрация НП превышала концентрацию НП в контрольной пробе в 36 раз. Видно, что в целом содержание НП в снегу на обочинах исследованных объектов коррелировало с интенсивностью движения автомобильного транспорта на объекте. На накоплении НП в снегу на обочинах влияло и наличие бордюра. По-видимому, основным источником НП в снежном покрове на обочине являются выбросы отработавших газов, а также брызгоунос с дорожного полотна, которые в результате рассеивания достигают прилегающих территорий. Бордюр препятствует рассеиванию НП отработавших газов на прилегающие территории и частично брызгоуносу на них [10].

На ДИК в отличие от автодороги вследствие низкой интенсивности и скорости движения автомобилей по территории (5 км/ч) эффект турбулентности, рассеивания и брызгоуноса загрязнений на прилегающие территории низкий. Поэтому НП из протечек ГСМ, происходящих на АЗС, автостоянках и ШК, вероятно, не достигают участков на обочинах. Особенно четко влияние интенсивности движения автомобильного транспорта на накопление НП снежным покровом отмечается при сравнении данных по объектам аналогичной производственной деятельности – АЗС. Оба объекта имеют бордюры. Пропускная способность АЗС № 1 в 2,4 раза выше по сравнению с пропускной способностью АЗС № 2. И содержание НП в снежном покрове на исследованных участках АЗС № 1 в 1,7 раз выше, чем на АЗС № 2. Достаточно высокое содержание НП в снежном покрове на территории, прилегающей к ШК (не смотря на низкую интенсивность движения – 210 авт./сутки), вероятно, также обусловлено отсутствием бордюра.

Уровень нагрузки по НП, создаваемый стоянкой автотранспорта на прилегающие территории, в 3,0 раза превышал этот показатель на ШК, в 3,1 раза – на АЗС № 2, в 5,2 раза – на АЗС № 1. Кроме того, высота снежного покрова на автостоянке превышала высоту бордюра, что создавало условия для поступления протечек ГСМ с уносом снега на прилегающую территорию. Таким образом, по уровню эмиссии НП, автостоянка является наиболее опасным экологическим объектом из всех исследованных ДИК.

Как свидетельствуют данные табл. 3, на экологически безопасном расстоянии от ДИК (контроль) НП в пробах снега представлены преимущественно легкими фракциями (до 67%). Менее опасные легкие фракции НП преобладают и в снежном



покрове на ШК – 87 %. Из данных рис. 2 видно, что в пробах снега на АЗС № 1 доля экологически более опасной тяжелой фракции возрастает до 52,6 %. Отличие в фракционном составе НП, содержащихся в снежном покрове на территории АЗС № 1 и АЗС № 2, вероятно, обусловлено различным составом транспортного потока – соотношением автомобилей на дизельном (ДТ) и бензиновом топливе. На АЗС № 1 это соотношение составляло 34,7 % на ДТ и 65,3 % на бензине, а на АЗС № 2 – 23,6 % на ДТ и 76,4% на бензине. В среднем доля тяжелой фракции НП в снежном покрове на исследованных АЗС составляла 37 %. Самое высокое содержание тяжелых фракций НП в снежном покрове на территориях, прилегающих к ДИК – 56 %, установлено на территории автостоянки. В пробах снега на обочине автодороги также преобладают тяжелые фракции – 61 %, что согласуется с данными исследования почв придорожного пространства городских и загородных автодорог [10].

Концентрации и фракционный состав НП в снежном покрове отличаются от концентраций и фракционного состава НП в поверхностном стоке. С учетом концентрирования загрязнений в модельном смыве (5 – 7 раз) содержание в них НП в 1,3 – 15,3 раза ниже, чем в воде снеготаяния на одних и тех же объектах. Фракционный состав НП в смывах с территории и в снежном покрове на автостоянке практически аналогичный, а на других автомобильно-дорожных объектах кардинально отличается: наиболее экологически опасные тяжелые фракции на АЗС преобладают в смыве, а на автодороге – в снежном покрове.

### Выводы

1. Исследование модельных смывов с дорожного полотна различных автомобильно-дорожных объектов показало, что содержание нефтепродуктов в смывах с территории дорожно-инфраструктурных комплексов в 1,5 – 1,6 раза выше, чем в смывах с автомобильной дороги.

2. Содержание наиболее экологически опасных тяжелых фракций нефтепродуктов в модельных смывах с территорий дорожно-инфраструктурных комплексов в 5 – 7 раз выше, чем аналогичный показатель на автомобильной дороге, что объясняется характером поступления нефтепродуктов на дорожное полотно и распространения их от источника загрязнения.

3. Анализ снежного покрова на прилегающих к проезжей части территориях, установил, что поллютантное воздействие на них от дорожно-инфраструктурных комплексов ниже, чем от автомобильной дороги. Это, вероятно, обусловлено накоплением в снегу на обочинах преимущественно газообразных выбросов и брызгоуносов с дорожного полотна,

Интенсивность брызгоуноса, рассеивания газообразных веществ и аэрозолей от проезжей части зависит от интенсивности и скорости движения автомобилей, которые на автодорогах значительно выше, чем на дорожно-инфраструктурных комплексах.

4. Полученные данные о загрязнении нефтепродуктами поверхностного стока (вода дождей и снеготаяния) на автомобильно-дорожных объектах свидетельствуют о высоком уровне его экологической опасности для природных сред и необходимости проведения специальных мероприятий по его очистке. Такие мероприятия экономически и технически рациональнее выполнять на дорожно-инфраструктурных комплексах.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Пшенин В.Н. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // Труды Всероссийского научно-практического семинара “Экологизация автомобильного транспорта” / В.Н. Пшенин, МАНЭБ. – СПб., 2003. – С. 83–88.

2. Евгениев И.Е. Автомобильные дороги в окружающей среде / [Евгениев И.Е., Каримов Б.Б.] – М.: ООО “Трансдорнаука”, 1997. – 285 с.

3. Долматова Л.А. Органические вещества в снеговом покрове прибрежной части р. Барнаулки / Л.А. Долматова, М.А. Гусева // Ползуновский Вестник. – 2004. – № 2. – С. 150–154.

4. Юрченко В.О. Дослідження технологічних характеристик поверхневого стоку з автомобільних доріг / В.О. Юрченко, М.В. Коротченко, О.В. Бригада, Л.С. Михайлова // Науково-виробничий журнал – 2012. – №4 (228). – С. 44–47.

5. Лурье Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. – М.: “Химия”, Издание 4-е, перераб., 1974. – 336 с.

6. 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 // Journal of Environmental Monitoring. – V. 001. – 1999. – P. 63–67.

7. Канило П.М. Автомобиль и окружающая среда / П.М. Канило, И.С. Бей, А.И. Ровенский. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.

8. Невзорова А.Б. Мониторинг техногенной нагрузки от поверхностных сточных вод на городскую дождевую канализацию / А.Б. Невзорова [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2. – С. 61–66.

9. Карпук В.К. Техногенные источники воздействия на качество природных вод в бассейне реки Ясельда / В.К. Карпук, Ю.С. Галах // Брэсцкі геаграфічны веснік. – Брест. – 2004. – Том 4. Выпуск 1. – С. 51–55.

10. Михайлова Л.С. Экологическая безопасность почв придорожного пространства в условиях техногенного загрязнения нефтепродуктами: дис...канд. тех. наук: 21.06.01 / Л.С. Михайлова. – Харьков, 2014. – 205 с.