

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Одной из основных задач повышения технического уровня автомобильных дорог, безопасного движения и экологической безопасности их эксплуатации является обеспечение своевременного и целенаправленного сбора и отвода воды с поверхности автомобильных дорог с последующей ее очисткой от загрязнений. Пренебрежение этой проблемой имеет весьма отрицательные последствия как для эксплуатации дорог (снижение прочности дорожных одежд, нарушение стойкости земляного полотна, сокращение межремонтных сроков и др.), так и для уровня безопасности и удобства движения транспортных средств [1].

Сток ливневых и талых вод, образующихся в результате выпадения атмосферных осадков на территорию городов и поселков, является одним из основных источников загрязнения почв и объектов гидросферы. Исследование влияния транспортных средств на окружающую среду, чаще всего сводятся к оценке загрязнения воздушной среды и шумового уровня, и незначительное внимание уделяется ингредиентному загрязнению дорожными поверхностными стоками прилегающей к автомобильной дороге и мостовому переходу территории, водоемов и грунтовых вод [1-3].

В крупных городах и на загородных скоростных автомобильных трассах поверхностный сток представляет собой значительные объемы сточных вод, которые зачастую без очистки, с концентрациями загрязняющих веществ, в несколько раз превышающих предельно допустимые значения, поступают в водные объекты и на прилегающую территорию. Наибольшую экологическую опасность в этих сточных водах представляют нефтепродукты, в состав которых входят олефины, циклические и ароматические соединения, кетоны, альдегиды и другие органические вещества. Отрицательное влияние поверхностного стока с автомобильных дорог на окружающую среду связано также с содержанием в сточных водах взвешенных частиц различной природы и соединений, которые используются для противогололедных мероприятий [2-6].

Экологическая опасность загрязненного поверхностного стока для почв прилегающих территорий и водоемов кардинально возрастает при отсутствии или недееспособности системы сбора поверхностных вод с покрытия проезжей части дорожно-мостовых сооружений и отвода стоков на очистку. В решении проблемы отвода и очистки воды с поверхности автомобильных дорог особое место занимают исследования, направленные на усовершенствование методологической базы проектирования и расчета систем поверхностного водоотведения с целью разработки оптимальных проектно-строительных решений и ремонтно-восстановительных мероприятий. Несмотря на наличие типовых инженерных решений по устройству поверхностного водоотведения, ряд вопросов как типового, так и индивидуального проектирования до сих пор требуют уточнения, углубленного изучения и обобщения накопленного опыта [1, 3-4]. Важнейшим элементом, закладываемым в предпроектные 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. Это исследование, типичное для проектирования систем отведения и очистки городских и промышленных сточных вод, для объектов водоотведения на автомобильных дорогах имеет свои особенности. Так, в отечественной научно-технической литературе мы не обнаружили стандартизованные методики отбора проб стоков с автомобильных дорог.

Цель работы: технологический анализ состава и осветляемости поверхностных стоков с автомобильных дорог, получаемых методом смывов.

Объект исследования: смывы с территории автомобильной стоянки и автомобильных дорог с различной интенсивностью движения транспорта в г. Харькове.

Для получения проб поверхностного стока с автомобильных дорог использовали известный в микробиологии метод: смыв ватным тампоном в определенный объем дистиллированной воды (500 см^3) с задаваемой площади дорожного покрытия ($\sim 1500 \text{ см}^2$, которую обозначали деревянной палеткой). Период без дождей перед отбором проб составлял 2 недели. В полученных смывах согласно нормативным методикам по анализу сточных вод определяли рН среды электрометрическим методом, концентрацию взвешенных веществ и концентрацию органических соединений во взвешенных веществах (после прокаливании при $t 800^\circ\text{C}$) - гравиметрическим методом, концентрацию ионов NH_4^+ - с реактивом Несслера.

Исходя из площади смыва и объема смывающей воды можно по формулам расчетов характеристик поверхностного стока, разработанным в различных нормативных документах (СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения», «Улаштування поверхневого водовідведення на територіях міст і селищ» СОУ ЖКГ 41.00-35077234. 0018:2009. Рекомендації забезпечення ефективного відведення міських зливових стоків та визначення параметрів очисних споруд. Посібник до ДБН), пересчитать получаемые гидрохимические показатели смывов в характеристики, адекватные тем, которые получают при анализе реального дождевого смыва с дороги.

Сильный ливень дает слой воды более 40 мм, а небольшой дождь - 1-2 мм. В г. Харькове уровень осадков за теплый сезон года составляет около 300 мм, а количество сильных ливней – 5-8. Таким образом, средний уровень осадков за интенсивный дождь составляет около 46 мм. В наших исследованиях уровень воды (h), создаваемый смывом составлял:

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

Самые высокие концентрации загрязнений в ливневых стоках наблюдаются в первые 10-20 мин дождя, т.е. в период, который составляет 40-60% продолжительности интенсивного дождя. Следовательно, в первые 10-20 мин дождя выпадает до 23 мм осадков. Таким образом, исследуемые стоки с автомобильных дорог, получаемые методом смывов, были приблизительно в 7 раз концентрированнее реальных, образующиеся в первые 10-20 мин дождя.

Расположение участков автомобильных дорог, где проводились смывы, и интенсивность движения на них представлены на рис. 1 и в табл. 1.



Рис. 1 - Участки отбора проб смывов

Таблица 1. Интенсивности движения на обследованных участках автомобильных дорог г. Харькова

№ пробы	Участок исследования	Интенсивность движения, авт./час
1	угол ул. Шевченко и Бутовского въезда (обочина)	36-1468
2	ул. Шевченко перед остановкой Управление МЧС (обочина)	1364-легковых, 104-грузовых
3	автомобильная стоянка Управления МЧС	
4	ул. Шевченко, после остановки Управление МЧС (обочина)	1364-легковых, 104-грузовых
5	въезд на автомобильную заправку по ул. Шевченко (середина дороги)	44 легковых и грузовых
6	Бутовский въезд (середина дороги)	36 легковых и грузовых

Как видно из данных табл. 1, наибольшая интенсивность движения автомобилей наблюдалась на участках № 2 и № 3 (ул. Шевченко), а наименьшая - на участках № 5 и № 6 (въезд на автомобильную заправку и Бутовский въезд).

Наиболее распространенным методом очистки смывов с автомобильных дорог является механический, а именно, отстаивание для удаления взвешенных веществ. На осаждаемость взвешенных

веществ оказывает влияние целый ряд факторов, в том числе дисперсный и химический состав взвешенных веществ. Данные исследования взвешенных веществ в полученных смывах представлены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики взвешенных веществ в полученных смывах с дорог

№ пробы	Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	Концентрация неорганических взвешенных веществ		Концентрация органических взвешенных веществ	
		мг/дм ³	% от массы взвешенных веществ	мг/дм ³	% от массы взвешенных веществ
1	2132	1670	78,3	462	21,7
2	1566	1192	76,1	374	23,9
3	1927	709	36,8	1218	63,2
4	1028	739	71,9	289	28,1
5	628	444	70,7	184	29,3
6	1061	704	66,4	357	33,6

Как видно из данных табл. 2, наибольшая концентрация взвешенных веществ наблюдалась в пробе № 1 (угол ул. Шевченко и Бутовского въезда), а наименьшая – в пробе № 5 (въезд на автомобильную заправку). Фактически участок № 1 находится на пути стока с ул. Шевченко, поэтому характеристики его смывов ближе к характеристикам смывов с участков ул. Шевченко, а не Бутовского въезда. Таким образом, в полученных результатах отмечается корреляция между интенсивностью движения автотранспорта и концентрацией взвешенных веществ в смывах с дорог. Абсолютное значение концентрации взвешенных веществ в полученных смывах превышает концентрации взвешенных веществ, установленных различными авторами непосредственно в поверхностном стоке с дорог [3-6], в 2-10 раз (в среднем в 6 раз), что коррелируется с нашими расчетами концентрирования загрязняющих веществ в получаемых искусственно смывах. Важную информацию для решения вопросов о методах очистки сточных вод представляет фракционирование взвешенных веществ по химической природе: определение концентрации органических и неорганических компонентов. Основная масса органических веществ в частицах, суспендированных в смывах с автомобильных дорог, представлена тяжелыми нефтепродуктами, образующимися главным образом в результате истирания дорожного покрытия и автомобильных шин [1, 5, 6]. Как видно из полученных данных, самая высокая концентрация органических соединений среди взвешенных веществ наблюдается в смыве с территории автостоянки (проба № 3 - 63,2%) и с покрытия Бутовского въезда, на котором также паркуются автомобили (проба № 6 - 33,6%). Ориентировочная концентрация тяжелых нефтепродуктов в смывах с участков, где происходит парковка автомобилей (пробы № 3 и № 6), определенная по доле органической компоненты взвешенных частиц, составляет от 357 до 1218 мг/дм³, а в пересчете на первые 20 мин дождя - 51-174 мг/дм³. На других исследованных участках доля органических веществ во взвешенных частицах составляет от 21,7 до 29,3 %, а их концентрация (от 184 до 462 мг/дм³) положительно коррелирует с интенсивностью движения. Таким образом, даже при учете разбавления в реальных смывах после 10-20 мин дождя ориентировочная концентрация суспендированных нефтепродуктов в смывах с дорог может достигать 60 мг/дм³.

Прямое определение концентрации нефтепродуктов в полученных смывах с автомобильных дорог (экстракция гексаном), выявило значительно более низкие концентрации этого загрязнения, что свидетельствует о том, что нефтепродукты в модельных смывах представляют собой нерастворимые в воде высокомолекулярные соединения, затруднительно экстрагируемые органическими растворителями.

Экспериментальные исследования установили низкую эффективность осаждаемости взвешенных веществ в полученных смывах с автомобильных дорог. Одна из причин такого явления - присутствие в водной среде тяжелых суспендированных нефтепродуктов (табл. 3). Песчаная фракция в смывах осаждается в течение нескольких секунд, а затем осветление жидкости практически прекращается.

Как свидетельствуют полученные данные, даже через 2 ч отстаивания концентрация взвешенных веществ в обрабатываемой сточной воде остается высокой и в ряде проб даже при расчетном разбавлении в реальных условиях (в 7 раз) недопустимой для сброса в природные водоемы. Таким образом, для обработки смывов с автомобильных дорог типового 2-х часового отстаивания недостаточно.

Исследования химического состава полученных смывов показали, что в них присутствуют повышенные концентрации аммонийного азота (табл. 4).



Таблица 3. Концентрация взвешенных веществ в модельных стоках после 2-х часового отстаивания

№ пробы	Концентрация взвешенных веществ, г/дм ³
1	0,42
2	0,29
3	0,65
4	0,31
5	0,29
6	0,84

Таблица 4. Концентрация аммонийного азота и активная реакция среды в смывах с автомобильных дорог

№ пробы	pH водного смыва	Концентрация N-NH ₄ , мг/дм ³
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

Как свидетельствуют приведенные данные, отмечается определенная корреляция активной реакции среды в смывах с дорог с интенсивностью движения автомобилей: чем выше интенсивность, тем выше значение pH смывов. Самые высокие концентрации аммонийного азота установлены в смывах с участков, где происходит парковка автомобилей (автомобильная стоянка, Бутовский въезд). Даже с учетом разбавления смыва в первые 10-20 мин дождя по сравнению со смывом, получаемым искусственно (в 7 раз), концентрация аммонийного азота в смывах с этих участков может достигать экологически опасных концентраций и требует специальных мероприятий для очистки.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Предложенный метод оценки прогнозного состава стоков с автомобильных дорог с помощью анализа искусственных смывов позволяет объективно установить абсолютные концентрации загрязняющих веществ и количественные соотношения между ними.
2. Технологический анализ установил в смывах с автомобильных дорог высокое содержание тяжелых фракций нефтепродуктов, которые отрицательно влияют на осаждение взвешенных веществ. В схеме очистки таких сточных вод необходимо предусматривать специальные мероприятия по интенсификации осаждаемости взвеси (коагуляция, флокуляция) в отстойниках или применять другие методы очистки.
3. В смывах с автомобильных дорог на участках парковки автомобилей установлено повышенное содержание аммонийного азота, что согласуется с данными других авторов [1, 4, 6]. Для очистки смывов с автомобильных дорог от этого загрязнения необходимо предусматривать специальные мероприятия.
4. Предложенный метод позволяет прогнозировать уровень экологической опасности стоков с конкретных участков автомобильных дорог для природных водных и почвенных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

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. – С. 29-36.
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.

