

МИХАИЛ МАНУЙЛОВ
ВЛАДИМИР МОСКОВКИН
ЕЛЕНА БОЛЬШАКОВА
КИРА МИРОНОВА-КОПЫСОВА

ХАРЬКОВ

УДК 332.142.6:504.064

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ЗАИЛИВАНИЯ РУСЕЛ РЕК И ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Представляемая работа готовилась непосредственно после очередного выступления Харьковского Городского Головы Владимира Шумилкина по местному радио 27 октября 2003 года. В частности, выступление было посвящено проблеме подтопления участков городской территории и в виде примера приводился Журавлевский жилмассив. Согласно мнению Городского Головы и специалистов Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина причиной такого подтопления является заиливание речных русел, которое приводит к повышению уровня воды харьковских рек и, следовательно, к повышению уровня грунтовых вод. С целью решения проблемы в 2002 г. проводились работы по расчистке русел рек Харьков и Лопань, что было продолжено и в 2003 г. Надо отметить, что слои, накопившиеся ила оказались весьма значительными и в некоторых местах составляли 3,0 и более метров.

Несмотря на явную необходимость и полезность проводимых работ, на наш взгляд, необходимо проследить причинно-следственные связи, приводящие к заиливанию русел харьковских рек, для чего необходимо ответить на ряд вопросов:

1. Какие сточные воды являются основным источником взвешенных веществ, попадающих в городские реки?
2. Каковы объемы накапливающегося ила?
3. Какие существуют возможности управления процессом заиливания, помимо периодической расчистки русел рек?

Попробуем ответить на поставленные вопросы.

1. По данным, приведенным в работе [1], на долю поверхностного стока, имеется в виду — дождевой, талый и поливо-моечный сток, приходится свыше 90,0% взвешенных веществ, выносимых в городские реки со всеми другими видами сточных вод. Материалы, представленные в [2, 3] подтверждают эти данные, а согласно [4], усредненные концентрации взвешенных веществ в поверхностном стоке составляют: дождевом — 1,5 — 2,5 г/л, талом — 3,0 — 4,0 г/л, поливо-моечном — 3,0 — 5,0 г/л. Результаты исследований, опубликованные в [5], позволяют оценить объемы привносимых поверхностным стоком взвешенных веществ в харьковские реки в пределах до 200 тыс. тонн в год, причем это относится к 1976 — 1980 гг., а за последние десятилетия количество автотранспортных средств возросло в

11-12 раз. Следовательно, увеличились и объемы, накапливающиеся на городских территориях загрязнений, а значит возросли и объемы выносимых поверхностным стоком взвешенных и других вредных веществ.

2. Натурные исследования, проводившиеся в конце 80-х — начале 90-х годов минувшего столетия в Украинском НИИ экологических проблем (прежнее название — ВНИИВО), также показывали значительные слои иловых отложений — 2,0-2,5 метров для некоторых участков харьковских рек. Причем, ежегодный прирост, отмечавшийся в данный период, был незначителен, что говорило о выходе объемов ила на квазистационарные значения — это обуславливалось как гидродинамическими особенностями русел, так и более или менее постоянными объемами, привносимых взвешенных веществ. Расчистка русел без вмешательства в процесс выноса взвешенных веществ в реки, безусловно приносит свои позитивные плоды. Однако в расчищенных местах процесс накопления интенсифицируется, что вполне понятно и вписывается в теорию стационарности процессов [6]. Данное предположение можно проиллюстрировать на примере участка реки Харьков: Московский мост — мост Чигирина. В 2002 г. была проведена качественная расчистка русла, но уже в 2003 г. в месте выпуска ливневой канализации (кафе «Ивушка») произошло частичное восстановление песчаных наносов. Пока не в первоначальном виде, но все же в достаточно заметном. Значит, можно предположить, что через несколько лет объемы ила возрастут до первоначального, стационарного состояния.

3. Из вышеизложенного следует, что для управления процессом заиливания харьковских рек, наряду с расчисткой русел, необходимо осуществлять снижение объемов, отводимых с поверхностным стоком взвешенных веществ.

Решение проблемы имеет две основные составляющие: технологическую и эколого-экономическую.

Прежде чем перейти к описанию технологических решений, надо отметить широкий диапазон размеров частиц, формирующих дорожный смет (твердые частицы, накапливающиеся на водонепроницаемых поверхностях дорог, площадей, территориях предприятий и т. п.), а значит и содержащихся в поверхностном стоке — он составляет от долей мкм до 2500 — 3000 мкм [5].

Снижение объемов выносимых поверхностным стоком взвешенных веществ в водные объекты может осуществляться, по нашему мнению [7], по многоуровневой технологии:

НЕОБХОДИМО ПРОСЛЕДИТЬ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ, ПРИВОДЯЩИЕ К ЗАИЛИВАНИЮ РУСЕЛ ХАРЬКОВСКИХ РЕК

1. Уменьшение нагрузок дорожного смета (например, при проведении уборок дорожных покрытий). При этом надо отметить, что в настоящее время наиболее распространенный метод — мойка дорожных покрытий — приводит к образованию моечного поверхностного стока, и, следовательно, к выносу взвешенных веществ и других загрязнений в водные объекты.

2. Снижение концентраций взвешенных веществ в поверхностном стоке путем установки песколовков в ливневых колодцах либо на выпусках ливневых коллекторов. Установка песколовков в колодцах позволяет снижать концентрации взвешенных веществ на 60 — 65% за счет частиц с размерами более 200 — 250 мкм, установка на выпусках снижает концентрации взвешенных веществ на 25 — 30% за счет частиц с размерами более 500 мкм [7].

3. Доочистка стока на грубых фильтрах с пенополиуретановыми или другими загрузкими.

4. Завершающая доочистка стока на медленных песчано-цеолитовых фильтрах.

Возможны и другие технологические решения, разработка которых осуществлялась ранее в Украинском НИИ экологических проблем.

Если наша цель — предотвращение заиливания городских рек, то естественно основное внимание надо уделять 2-му пункту предлагаемой технологии, так как именно частицы с размерами более 200 — 250 мкм участвуют в данном процессе.

Наиболее сложным является осуществление эколого-экономического регулирования качеством водных объектов, так как в настоящее время ни в Украине, ни в странах Европейского Союза и других не существует методик расчета платежей за отведение загрязненного поверхностного стока. Напомним, что в мировой практике расчет экологического ущерба базируется на данных об объемах сбрасываемых сточных вод, перечню присутствующих в них загрязнений и их концентрациях. Информация о поверхностном стоке имеет полную неопределенность — мы не знаем интервала времени накопления загрязняющих веществ (неизвестен бездождевой период или периоды снеготаяния), проблематично и определение времени выпадения дождевых осадков, не говоря уже о характеристиках дождя — слое, интенсивности, продолжительности, типе и т. п., неизвестным является и время наступления оттепелей, общего снеготаяния, метеорологических условий в данные периоды времени и многое другое. Поэтому методика расчета платежей за отведение загрязненного поверхностного стока с конкретных водосборов, являющихся собственностью или используемых юридическими лицами, должна состоять в следующем.

1. Достоверной информацией являются: усредненные нагрузки дорожного смета исследуемой территории, химический состав загрязнений, сорбированных на его частицах, их содержание. Вся эта информация, получаемая при проведении мониторинговых исследова-

ниях во время бездождевого периода, используется при расчетах платежей. Причем, выбираются данные, относящиеся ко времени, наиболее близкому к началу выпадения дождевых осадков.

2. После выпадения осадков по данным дождемеров становятся известны все характеристики дождя, а знание баланса территории по видам поверхностей позволяет определить расходные характеристики сточных вод в миллиметрах дождевого стока. Тогда, используя адекватные математические модели выноса частиц дорожного смета в зависимости от слоя дождевого стока, становится возможным расчет объемов, выносимых загрязняющих веществ, а, следовательно, и объемов платежей. Подобная методика может использоваться и при расчетах объемов загрязняющих веществ, выносимых талым и поливо-моечным стоком. Данные методики разработаны, однако требуется большая работа по их юридической адаптации к Постановлению Кабинета Министров Украины № 303 от 1 марта 1999 г. [8].

Тем не менее вернемся к проблеме заиливания рек, при этом зададимся некоторыми предположениями, ограничениями и допущениями.

1. По аналогии с расчетами платежей за сброс производственных сточных вод, по которому владельцем загрязнений, образующихся при изготовлении продукции или оказания услуг, является субъект хозяйственной деятельности, а значит и плательщиком при их отведении на городские очистные сооружения либо в водный объект. Введем предположение, что загрязнения, накапливающиеся на поверхности дорог (являющихся собственностью города и представляемые в качестве оказания услуг автотранспортным средствам) являются собственностью транспортных единиц, по крайней мере та их часть, в формировании которой они участвуют. Значит, и за загрязнения, содержащиеся в поверхностном стоке, отводимом в водные объекты, — собственность как всех участвующих в процессе автотранспортных средств, так и каждого из них индивидуально. Так как не существует эколого-экономической методики расчета платежей за заиливание водных объектов, тем более, нет информации о доле взвешенных веществ, участвующих в данном процессе, то целесообразно производить расчеты как за загрязнение поверхностных вод взвешенными веществами, при этом задаваясь годовым циклом.

2. При сформулированной цели рассмотрим составляющие, формирующие дорожный смет (см. табл. 1).

Если расчет платежей привязывать к конкретному автотранспортному средству, то из табл. 1 можно выделить два фактора, которые можно определять с достаточной степенью точности: продукты разрушения дорожных покрытий при грузоперевозках и перенос загрязняющих веществ с прилегающих городских территорий.

2.1. Выделить долю осадимых аэрозолей автотранспортного происхождения из всего спектра не возможно, так же сложно осуществить расчет потоков осадимых аэрозолей (г/м² сутки) в привязке к конкретному автомобилю, так как это зависит от объема двигателя, его изношенности, вида используемого топлива и т. п., поэтому определение данных параметров не может носить объективного характера.

НАИБОЛЕЕ СЛОЖНЫМ ЯВЛЯЕТСЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВОМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Таблица 1. Составляющие дорожного смета, формирующие диапазоны размеров частиц				
Наименование составляющей дорожного смета	Диапазон размеров образующихся частиц, мкм			
	0-100	100 – 250	250 – 500	Более 500
	Процентное содержание			
1. Осажденные аэрозоли автотранспортного, промышленного и эрозионного происхождения [9,10,11]	95,0	5,0		
2. Продукты истирания автомобильных шин [3]	75,0	25,0		
3. Продукты разрушения дорожных покрытий под действием атмосферных процессов и при грузоперевозках [3]	5,0	25,0	45,0	25,0
4. Частицы, переносимые автотранспортными средствами из зон с высокой загрязненностью дорожных покрытий на более благоустроенные территории [12]	20,0	30,0	35,0	15,0

2.2. Продукты истирания автомобильных шин могут быть определены согласно работе [2]. Однако рассмотрим формулу накопления дорожного смета за бездождевой период [9]:

$$m = 10^{-3} m_0 \sum_{n=0}^{T_{б.д.}-1} k^n, \text{ кг} \quad (1)$$

где m_0 — суточное накопление частиц дорожного смета, г/м² прибордюрной зоны; $T_{б.д.}$ — количество дней бездождевого периода, сут.; n — показатель степени: 0 — 1-е сутки, 1 — 2-е сутки и т. д.; k — коэффициент выноса частиц дорожного смета ветром и при движении транспорта за бордюрную зону.

Значение коэффициента k для различного диапазона размеров частиц дорожного смета представлено в табл. 2.

Таблица 2. Значение коэффициента выноса частиц дорожного смета					
Коэффициент выноса частиц дорожного смета	Диапазон размеров частиц дорожного смета, мкм				
	менее 100	100 – 250	250 – 500	500 – 1000	более 1000
	0,65	0,72	0,93	0,95	1,0

Как видно из формулы (1), имея значения k для изучаемой составляющей дорожного смета равными 0,65 и 0,72, можно сделать вывод о невозможности ее учета, так как при увеличении $T_{б.д.}$ большая часть частиц оказывается за бордюрной зоной.

2.3. Продукты разрушения дорожных покрытий при грузоперевозках (разрушение под действием атмосферных процессов мы не учитываем, так как данная составляющая не имеет прямого отношения к транспортным средствам) определяются по формуле [3]:

$$M_1^* = 10^{-6} b L_1 Q, \text{ т/год} \quad (2)$$

где b — коэффициент износа дорожных покрытий при перемещении транспортного средства массой 1,0 т, г/км; L_1 — годовой пробег автотранспортного средства по территории города, км; Q — усредненная масса транспортного средства, т.

Достоверное накопление дорожного смета формируется за счет фракций частиц с размерами более 250 мкм, для которых усредненный коэффициент выноса составляет 0,949. Это значит, что выносом частиц с размерами более 250 мкм за бордюрную зону можно пренебречь. Тогда формула (2) с учетом b , равным для дорог

Украины с асфальтовым покрытием 3,5 г/км при перевозке 1,0 т, запишется в виде:

$$M_1 = 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 b L_1 Q, \text{ т/год} \quad (3)$$

где 0,7 — доля частиц с размерами более 250 мкм. (табл. 1) —

2.4. Рассмотрим загрязнения, переносимые автотранспортными средствами из зон с высокими нагрузками дорожного смета на городские территории. Под зонами с высокими нагрузками загрязняющих веществ, накапливающихся на дорожных покрытиях, понимаются автотрассы, подходящие к городу. Различия в объемах грузов дорожного смета обусловлены следующим: трассы не подвергаются уборке,

кроме того они характеризуются высокой интенсивностью движения транспорта, как правило, трассы соединены с

сельскими населенными пунктами грунтовыми дорогами, что также вносит свою лепту в формирование загрязнений.

Данная составляющая дорожного смета определяется по формуле [12]:

$$M_2^* = 10^{-6} \frac{L_2}{\Delta L} \Delta m_H, \text{ т/год} \quad (4)$$

где L_2 — годовой пробег автотранспортного средства вне городской территории, км; ΔL — пробег автотранспортного средства по загрязненной территории (одноразовый выезд и въезд на городскую территорию), при котором оно аккумулирует на своей поверхности частицы дорожного смета, км; Δm_H — масса загрязняющих веществ, попадающих на поверхность дорог с автотранспортного средства, г.

Параметр Δm_H зависит от различий в нагрузках дорожного смета: m_1 — на территории города, г/м² прибордюрной зоны и m_2 — в зоне обочин автотрасс, г/м²; площади днища автотранспортного средства и от фактического пробега транспорта по загрязненной территории ΔL , км. Для условий Харькова была получена монограмма определения всех выше перечисленных параметров, которая представлена на рис. 1 [12].

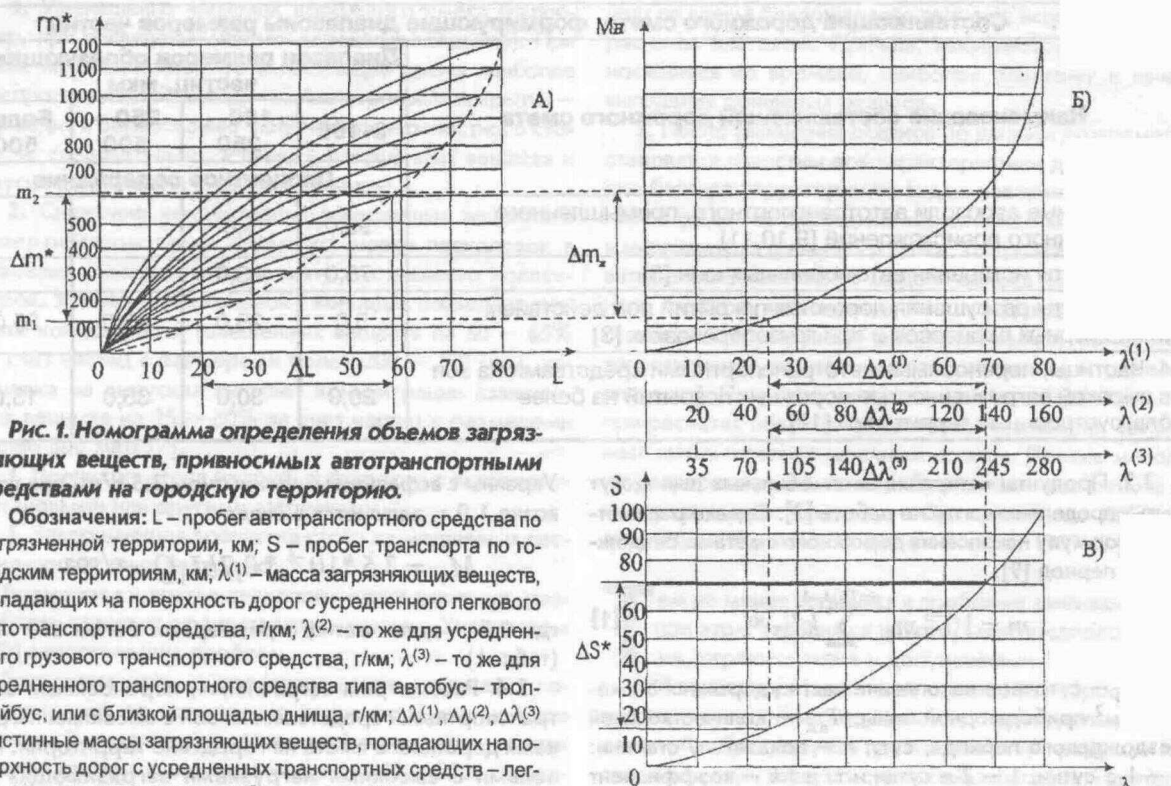


Рис. 1. Номограмма определения объемов загрязняющих веществ, привносимых автотранспортными средствами на городскую территорию.

Обозначения: L – пробег автотранспортного средства по загрязненной территории, км; S – пробег транспорта по городской территории, км; $\lambda^{(1)}$ – масса загрязняющих веществ, попадающих на поверхность дорог с усредненного легкового автотранспортного средства, г/км; $\lambda^{(2)}$ – то же для усредненного грузового транспортного средства, г/км; $\lambda^{(3)}$ – то же для усредненного транспортного средства типа автобус – троллейбус, или с близкой площадью днища, г/км; $\Delta\lambda^{(1)}, \Delta\lambda^{(2)}, \Delta\lambda^{(3)}$ – истинные массы загрязняющих веществ, попадающих на поверхность дорог с усредненных транспортных средств – легкового, грузового, типа автобус – троллейбус, задаваемые значениями Δm_H , г/км.

Окончательно формула (4) запишется в виде:

$$M_2 = 10^{-6} \cdot 0,5 \frac{L_2}{\Delta L} \Delta m_H, \text{ т/год} \quad (5)$$

где 0,5 – доля частиц с размерами более 250 мкм (табл. 1).

3. Введем предположение. Выделенные составляющие дорожного смета (с ограничением – частицы с размерами большими 250 мкм) в полном объеме попадают в водные объекты. При этом нас не интересует, каким образом – в результате ли мойки дорожных покрытий, или под действием дождевого или талого поверхностных стоков. Докажем высказанное предположение – так как вынос данных частиц за бордюрную зону маловероятен и тем не менее городские дороги находятся в удовлетворительном санитарном состоянии, а нагрузки дорожного смета ниже, чем на прилегающих автотрассах, то, значит, они покинули дорожные покрытия под действием поверхностного стока (моечного, дождевого, талого).

4. Введем дополнительное предположение – весь объем отводимого в водные объекты поверхностного стока содержит загрязняющие вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые. Высказанное предположение можно проиллюстрировать данными, приведенными в работах [13, 14], где указывается, что в 10-ти мм дождевых осадков, или, по мнению американских ученых, в 5-ти дюймах (при условии выпадения дождей над городскими территориями) содержится загрязняющие вещества в концентрациях, превышающих ПДК. Для Харькова более 90% дождей имеют меньшие слои осадков [15]. Усредненные концентрации загрязняющих веществ в талых и поливомоечных

стоках, приведенные в [4], так же подтверждают правильность введенного предположения.

5. С учетом вышеприведенных рассуждений расчет платежей за загрязнение водных объектов взвешенными веществами, что косвенно отражает и заиливание русел рек, может проводиться по методике, приведенной в Постановлении Кабинета Министров Украины №303 от 1 марта 1999 года.

Сформулируем методику расчета платежей за загрязнение водных объектов взвешенными веществами, образующимися при смыве поверхностным стоком дорожного смета, источником которого являются автотранспортные средства, представив ее в виде табл. 3.

Отметим, что нами для расчетов были приняты следующие значения некоторых параметров:

– будем считать, что годовой пробег по городу составляет 90% от общего и 10% – по сопредельным, загрязненным территориям;

– значение $\frac{L_2}{\Delta L}$ (формула (5)) – по существу определяет количество выездов автотранспортного средства за город в течение года.

При этом пробег ΔL принимается равным 100 км (средняя удаленность загородных мест отдыха и т. п. от границы города – 50 км), кроме того будем считать, что при возвращении в город транспортное средство осуществляет пробег не менее 100 км. Тогда параметр Δm_H определяется по формуле:

$$\Delta m_H = \Delta S^* \Delta \lambda^{(i)}, \text{ г} \quad (6)$$

где значения ΔS^* и $\Delta \lambda^{(i)}$ находится с помощью номограммы (рис. 1).

Таблица 3. Методика расчета платежей за загрязнение водных объектов взвешенными веществами

Исходная информация	Получаемая расчетная информация
1. Усредненный вес транспортного средства	Определяется как масса транспортного средства (согласно техническому паспорту) плюс 1/2 грузоподъемности, Q , тонн
2. Годовой пробег транспортного средства	при прохождении технического осмотра, км; $L^{(1)}$ – показание спидометра по прошествии года, км
2.1. Годовой пробег по городской территории	$L^{(1)} = 0,9 L$, км
2.2. Годовой пробег вне городской территории	$L^{(2)} = 0,1 L$, км
3. Определение объема частиц дорожного смета, образующегося при разрушении дорожных покрытий под действием грузоперевозок	Формула (3): $M_1 = 3,5 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} L_1 Q$, т
4. Определение объема частиц дорожного смета, привносимого автотранспортом на городскую территорию	Формула (5): $M_2 = 10^{-6} \cdot 0,5 \frac{L_2}{\Delta L} \Delta m_H$, т/год
4.1. Определяется значение m_1 прибордюрной зоны, г/м ²	
4.2. Определяется значение m_2 в зоне обочин автотрасс, г/м ²	
4.3. По номограмме (рис. 1) определяется параметр Δm_H , г	
5. Определяется суммарный годовой объем твердых частиц, образующихся при эксплуатации единичного автотранспортного средства	$M = M_1 + M_2$, т
6. Расчет платежей за вынос поверхностным стоком взвешенных веществ [8]: $\Pi = M_{\Pi} \times H_{\text{б.и.}} \times K_{\text{р.б.}} \times K_{\Pi} \times K_{\Phi} \times K_{\text{нас.}}$, грн (7), где M_{Π} – объем сброса взвешенных веществ в водные объекты, т; $H_{\text{б.и.}}$ – норматив сбора за тонну взвешенных веществ – 1грн/т; $K_{\text{р.б.}}$ – региональный (бассейный) коэффициент; K_{Φ} – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от народно-хозяйственного значения населенного пункта; K_{Π} – коэффициент кратности сбора; $K_{\text{нас.}}$ – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от численности жителей населенного пункта. Для г. Харьков: $K_{\text{р.б.}} = 2,2$; $K_{\Phi} = 1,25$; $K_{\Pi} = 5$; $K_{\text{нас.}} = 1,8$ [8]	

Рассмотрим иллюстративные примеры.

Пример 2.

Пример 1.

Таблица 3.2

Таблица 3.1

Исходная информация	Получаемая расчетная информация
1. Усредненное легковое транспортное средство	$Q = 1,45$ т
2. Годовой пробег	$L = 25000$ км
2.1. Пробег по городу	$L_1 = 22500$ км
2.2. Пробег вне города	$L_2 = 2500$ км
3. Определяется M_1	Формула (3) : 0,0799 т
4. Определяется M_2	Формула (5) : 0,0315 т
4.1. Определяется значение m_1	120 г/м ²
4.2. Определяется значение m_2	605 г/м ²
4.3. Определяется значение Δm_H	2520 г
4.4. Определяется значение $L_2 / \Delta L$	25
5. Определяется значение M	$M = 0,1114$ т
6. Расчет платежей производится по формуле (7)	$\Pi_c = 2,76$ грн/год

Исходная информация	Получаемая расчетная информация
1. Усредненное легковое транспортное средство	$Q = 18,0$ т
2. Годовой пробег	$L = 25000$ км
2.1. Пробег по городу	$L_1 = 2250$ км
2.2. Пробег вне города	$L_2 = 2500$ км
3. Определяется M_1	Формула (3) : 0,992 т
4. Определяется M_2	Формула (5) : 0,0315 т
4.1. Определяется значение m_1	120 г/м ²
4.2. Определяется значение m_2	605 г/м ²
4.3. Определяется значение Δm_H	5040 г
4.4. Определяется значение $L_2 / \Delta L$	25
5. Определяется значение M	$M = 1,055$ т
6. Расчет платежей производится по формуле (6)	$\Pi_c = 26,11$ грн/год

ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНОГО СМЕТА ОКАЗЫВАЮТ ТРАНЗИТНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ, ПРОХОДЯЩИЕ ЧЕРЕЗ ГОРОДСКИЕ ТЕРРИТОРИИ

При сложности установления годового пробега транспортного средства по загрязненным территориям (вне города) методика упростится — исключаются пункты 4, 2.1, 2.2, а L_i принимается равным L — общему годовому пробегу. В данном случае платежи составят: пример 1 — $\Pi_c = 2,2$ грн/год, пример 2 — $\Pi_c = 27,27$ грн/год.

Интересно оценить общий объем годового выноса взвешенных веществ, образующихся за счет рассматриваемых составляющих дорожного смета. Если задаться общим количеством автотранспортных средств, перемещающихся в черте города в 250 000 единиц и при этом считать, что соотношение грузового и легкового транспорта составляют 30 и 70% соответственно и взяв исходную информацию из примеров 1 и 2, получим общий объем годового выноса взвешенных веществ порядка 100 тыс. т/год. По данным 25-ти летней давности, объем отводимых с поверхностным стоком взвешенных веществ составлял 200 тыс. т [5], и если остальные источники остались неизменными (загрязненный поверхностный сток, отводимый с промышленных площадок, зон озеленения, незастроенных территорий и т. п.), то в настоящее время данная величина составит не менее 280 — 300 тысяч тонн. В данном случае становится понятным увеличение слоя иловых отложений и ухудшение ситуации с подтоплением городских территорий.

Суммарный сбор за загрязнение водных объектов взвешенными веществами будет составлять не менее 2,5 млн грн/год. При этом данные средства могут быть использованы для финансирования мероприятий, связанных с решением проблемы заиливания городских рек.

Дополнительно отметим, что представляемая методика не учитывает образующиеся частицы дорожного смета с размерами менее 250 мкм, так как мы не знаем внутригородского маршрута транспортного средства, а это значит, что перемещения могут происходить и по территориям, где уборка дорожных покрытий не производится или ее регулярность и качество не удовлетворительные. Поэтому, все сомнения мы трактуем в пользу плательщика сборов за загрязнения водных объектов различными ингредиентами, присутствующими в дорожном смете и поверхностном стоке.

Значительное влияние на формирование качественных и количественных характеристик дорожного смета оказывают транзитные транспортные потоки, проходящие через городские территории. Но прежде чем сформулировать методику расчета платежей, зададимся некоторыми допущениями и предположениями.

1. Будем считать, что транзитные маршруты проходят по центральным, наиболее приспособленным для движения, магистралям города. А это значит, движение проходит по регулярно убираемым территориям, что согласно формуле (1) подразумевает накопления частиц дорожного смета по закону первых суток — все образовавшие-

ся и привнесенные загрязнения остаются на поверхности дорог и не выносятся за бордюрную зону $-K^n = 1, n = 0$.

2. Следовательно, в расчетах должен участвовать весь спектр частиц, а значит, и частиц с размерами менее 100 мкм, на которых сорбировано до 98% нефтепродуктов, 97% органических веществ, 99,7% ионов тяжелых металлов и т. п. [3, 4].

3. По соображениям, приведенным выше, мы не учитываем аэрозольную составляющую дорожного смета и пренебрегаем продуктами истирания шин о поверхность дорог, так как при транзитном движении данный фактор не значителен.

4. Так как осуществляется регулярная уборка городских транзитных магистралей, то мы предполагаем ежесуточный вынос загрязняющих веществ моечным поверхностным стоком. В противном случае дорожный смет попадает в водный объект посредством дождевого или талого поверхностных стоков.

Остальные предположения, ограничения и допущения аналогичны приведенным при обосновании методики расчета платежей за загрязнение водных объектов взвешенными веществами.

Сформулируем методику расчета платежей за загрязнение водных объектов взвешенными веществами, нефтепродуктами, органикосодеждающими веществами, ионами тяжелых металлов и т. п., образующихся при смыве поверхностным стоком дорожного смета, источником которого являются транзитные автотранспортные средства, представив ее в виде табл. 4.

Значение БПК₅, ХПК и т. п. определяются при приготовлении модельной пробы стока: 10,0 г частиц дорожного смета с размерами менее 100 мкм на 1,0 л воды.

Рассмотрим иллюстративные примеры.

Пример 1.

Таблица 4.1

Исходная информация	
1. Усредненный вес транспортного средства:	
1.1. Легковая машина, $Q = 1,45$ т	
2. Протяженность транзитного пробега: $L_i = 40$ км	
3. Определяется значение $m_1 = 120$ г/м ²	
4. Определяется значение $m_2 = 605$ г/м ²	
5. Составляется табл. 5.1	
Порядок расчета платежей	
6. Значение M_{T1} определяется по формуле (8) — 0,0002 т	
7. Значение M_{T2} определяется по формуле (9) — 0,0018 т	
8. Значение $M_T = 0,0002 + 0,0018 = 0,002$ т	
11. Составляется табл. 6.1	

Таблица 5.1. Содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета m_2 с размерами менее 100 мкм

Наименование загрязняющих веществ	Содержание, г/кг
Нефтепродукты	400
БПК ₅	280
ХПК	500

Таблица 4. Методика расчета платежей за загрязнение водных объектов	
Исходная информация	
1. Усредненный вес транспортного средства:	
1.1. Усредненный вес легкового транспортного средства определяется как масса автомобиля согласно техническому паспорту плюс 1/2 грузоподъемности, Q_1 , т	
1.2. Усредненный вес грузового транспортного средства определяется как масса автомобиля согласно документов (накладная, доверенность), Q_2 , т	
1.3. Усредненный вес автобуса и т. п. определяется как масса автомобиля согласно техническому паспорту плюс 1/2 грузоподъемности, Q_3 , т	
2. Протяженность транзитного пробега транспортного средства по территории города задается соответствующими службами местных органов власти, L , км	
3. Определяется значение m_1 , г/м ²	
4. Определяется значение m_2 , г/м ²	
5. Определяется содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах фракции дорожного смета с размерами менее 100 мкм в м ² , составляется табл. 5.	
Порядок расчета платежей	
6. Определяется объем частиц дорожного смета, образующегося при разрушении дорожных покрытий под действием грузоперевозок: $M_{T1} = 3,5 \times 10^{-6} L Q_1$, т (8)	
7. Определяется объем частиц дорожного смета, привносимых транзитным автотранспортом на городскую территорию: $M_{T2} = 10^{-6} L \Delta \lambda^{(i)}$, т (9)	
8. Определяется суммарный объем частиц дорожного смета: $M_T = M_{T1} + M_{T2}$, т	
9. Определяются объемы загрязняющих веществ, попадающих на дорожное полотно при транзитном перемещении транспортного средства по территории города: $M_i = 0,2 \times 10^{-6} L \Delta \lambda^{(i)} \gamma_i$, т (10), где 0,2 – содержание частиц с размерами менее 100 мкм в выделенной составляющей дорожного смета (табл. 1); γ_i – содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета, с размерами менее 100 мкм (определяются из табл. 5), г/кг; $\Delta \lambda^{(i)}$ – в кг/км.	
10. Расчет платежей за загрязнение водных объектов поверхностным стоком (при перерасчете на единичное транспортное средство), производится по формуле [8]:	
$P_c = \sum M_{Pi} \times H_{б.и.} \times K_{р.б.} \times K_{и} \times K_{ф} \times K_{нас.}, \text{ грн (11),}$	
где τ – перечень ингредиентов, присутствующих в поверхностных сточных водах.	
11. Данные, полученные по формуле (11), помещаются в табл. 6.	

Таблица 5. Содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета, с размерами менее 100 мкм	
Наименование загрязняющих веществ	Содержание, г/кг
Нефтепродукты	
БПК ₅	
ХПК	
Ионы свинца	
и так далее	

Таблица 6. Суммарный объем платежей единичного транзитного транспортного средства за загрязнение водных объектов ингредиентами, привносимыми поверхностным стоком						
Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы выбросов, т	Нормативы сбора за сбросы, грн/т	$K_{р.б.}$	$K_{нас.}$	$K_{п.}$	$K_{ф.}$
Взвешенные вещества		1			5	
Нефтепродукты		206			5	
БПК ₅		14			5	
ХПК		7			5	
И так далее						
Всего						

Таблица 6.1. Суммарный объем платежей легковой машины за транзитный проезд по городской территории							
Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы сбросов, т	Нормативы сбора за сбросы, грн/т	$K_{р.б}$	$K_{нас.}$	K_n	K_ϕ	Общая сумма сбора, грн
Взвешенные вещества	0,002	1	2,2	1,8	5	1,25	0,05
Нефтепродукты	0,000144	206	2,2	1,8	5	1,25	0,73
БПК ₅	0,0001	14	2,2	1,8	5	1,25	0,03
ХПК	0,00018	7	2,2	1,8	5	1,25	0,03
Всего							$\Pi_c = 0,84$

Пример 2.

Таблица 4.2

Таблица 4.3

Исходная информация	
1. Усредненный вес транспортного средства:	
1.1. Грузовая машина, $Q = 18,0$ т	
2. Протяженность транзитного пробега: $L_t = 40$ км	
3. Определяется значение $m_1 - 120$ г/м ²	
4. Определяется значение $m_2 - 605$ г/м ²	
5. Составляется табл. 5.2	
Порядок расчета платежей	
6. Значение M_{T1} определяется по формуле (8) - 0,00252 т	
7. Значение M_{T2} определяется по формуле (9) - 0,0036 т	
8. Значение $M_T = 0,0036 + 0,00252 = 0,00612$ т	
11. Составляется табл. 6.2	

Исходная информация	
1. Усредненный вес транспортного средства:	
1.1. Автобус, $Q = 22,0$ т	
2. Протяженность транзитного пробега: $L_t = 40$ км	
3. Определяется значение $m_1 - 120$ г/м ²	
4. Определяется значение $m_2 - 605$ г/м ²	
5. Составляется табл. 5.3	
Порядок расчета платежей	
6. Значение M_{T1} определяется по формуле (8) - 0,00308 т	
7. Значение M_{T2} определяется по формуле (9) - 0,0063 т	
8. Значение $M_T = 0,0063 + 0,00308 = 0,00938$ т	
11. Составляется табл. 6.3	

Таблица 5.2. Содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета m_2 с размерами менее 100 мкм	
Наименование загрязняющих веществ	Содержание, г/кг
Нефтепродукты	400
БПК ₅	280
ХПК	500

Таблица 5.3. Содержание загрязняющих веществ, сорбированных на частицах дорожного смета m_2 с размерами менее 100 мкм	
Наименование загрязняющих веществ	Содержание, г/кг
Нефтепродукты	400
БПК ₅	280
ХПК	500

Таблица 6.2. Суммарный объем платежей грузовой машины за транзитный проезд по городской территории							
Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы сбросов, т	Нормативы сбора за сбросы, грн/т	$K_{р.б}$	$K_{нас.}$	K_n	K_ϕ	Общая сумма сбора, грн
	0,00612	1	2,2	1,8	5	1,25	0,15
Нефтепродукты	0,000288	206	2,2	1,8	5	1,25	1,47
БПК ₅	0,0002	14	2,2	1,8	5	1,25	0,07
ХПК	0,00036	7	2,2	1,8	5	1,25	0,07
Всего							$\Pi_c = 1,76$

Таблица 6.1. Суммарный объем платежей автобуса за транзитный проезд по городской территории

Наименование загрязняющих веществ	Фактические объемы сбросов, т	Нормативы сбора за сбросы, грн/т	$K_{p.б}$	$K_{нас.}$	K_n	K_ϕ	Общая сумма сбора, грн
Взвешенные вещества	0,00101	1	2,2	1,8	5	1,25	0,25
Нефтепродукты	0,000504	206	2,2	1,8	5	1,25	2,57
БПК ₅	0,000353	14	2,2	1,8	5	1,25	0,012
ХПК	0,000630	7	2,2	1,8	5	1,25	0,011
Всего							ПС. = 3,05

Платежи за транзитный проезд транспорта через городскую территорию составляют: — для усредненного легкового — 0,84 грн, — грузового — 1,76 и для транспорта типа автобус — 3,05 грн. Причем при определении суммы платежей мы исходили из следующего принципа: все что вызывает сомнение трактуется в пользу плательщика сбора.

Получаемые в результате сборов средства могут быть использованы для оздоровления харьковских рек, что и должно включать в себя и решение проблемы заиливания.

В представленной работе изучены причинно-следственные связи, объясняющие процесс заиливания городских рек. Выделен главный фактор, влияющий на данный процесс — поверхностный сток, отводимый с городских территорий в водные объекты. Предложены технологические и эколого-экономические средства решения данной проблемы. Впервые сформулированы эколого-экономические регулирующие воздействия, направленные на улучшения качества водных объектов, при воздействии на них загрязненного поверхностного стока, отводимого с урбанизированных территорий. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Мостепан Е. В., Рыбалова О. В., Савченко Н. В. Проблема защиты малых рек от загрязнения их поверхностным стоком с урбанизированных территорий. — Матер. 4-й Міжнарод. міждисцип. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми науки та освіти», 1 — 10 травня 2003 р., м. Ялта, Автономна Республіка Крим, Україна, 2003, — С. 67.
2. Хват В. М., Московкин В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б. и др. Отчет о НИР «Разработать и внедрить технологический процесс регулирования отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (промежуточный)», № гос. рег. 01.870084. ВНИИВО.— Х., 1988.— 115 с.
3. Хват В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б., Роненко О. П. и др. Отчет о НИР «Разработать рекомендации по сбору и очистке поверхностного стока с территорий Южной промышленной и жилой зон г. Каховки», № гос. рег. 01.89.0084689. ВНИИВО.— Х., 1989.— 95 с.
4. Хват В. М., Медведев В. С., Мануйлов М. Б., Роненко О. П. и др. Отчет о НИР «Разработать и внедрить технологический процесс регулирования отведения и очистки поверхностного стока с застроенных территорий (заключительный)», № гос. рег. 01.870084. ВНИИВО.— Х., 1990.— 127с.
5. Лозанский В. Р., Еременко Е. В., Кузин А. К. Методы и цели охраны вод СССР. — Труды советско-американского симпозиума «Методология и практика планирования охраны вод речных бассейнов». — Х.: Издательство ВНИИВО, 1981. — С. 16 — 43.
6. Коддингтон Э. А., Левинсон Н. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. — М.: Иностранная литература, 1958. — 474 с.
7. Мануйлов М. Б., Шутинский А. Г., Авин В. М., Скомороха О. П. Новая технология отведения и очистки поверхностного стока, образующегося на селитебных территориях и промышленных площадках предприятий // Вестник Национального Технического Университета «ХПИ». — № 3.— 2003.— С. 163 — 168.
8. Шевчук В., Пилипчук М., Карпенко Н. и др. Довідник питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. — К.: Видавництво «Геопрінт», 2000. — 412 с.
9. Хват В. М., Московкин В. М., Мануйлов М. Б., Роненко О. П. Об аэрозольном загрязнении поверхностного стока урбанизированных территорий // Методология и гидрология.— № 2.— 1991.— С. 114 — 115.
10. Кондратьев К. Я., Хват В. М., Московкин В. М., Мануйлов М. Б. К вопросу изучения дисперсного состава атмосферных аэрозолей и расчета их осаждения / Доклады АН СССР, том 303, № 3, 1988.— С. 501 — 504.
11. Московкин Р. М., Мануйлов М. Б. Оценка потоков осадимых аэрозолей и тяжелых металлов на урбанизированные территории (на примере городов Ялта и Алушта) // В кн.: Вопросы развития Крыма, Научно-аналитический сборник, вып. 2. — Изд. Центр регионального развития, Крымской Академии Наук.— Симферополь, 1996.— С. 32 — 36.
12. Мануйлов М. Б., Тошинский В. И., Шутинский А. Г., Деменкова С. Д., Скомороха О. П. Перераспределение загрязняющих веществ, накапливающихся на урбанизированных территориях автотранспортными средствами // Вестник национального технического университета «ХПИ». — Т. 1, 2002. — С. 40- 43.
13. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водный объекты. — М.: ВНИИВОДГЕО, ВНИИВО, 1983. — 67с.
14. Mace J., Norman M. The quality of urban stormwater run-off. Urban Storm Drainage Prot. Int. Conf. Southampton, 1978, P. 603-617.
15. Швер П. А. Атмосферные осадки на территории СССР. — Л.: Издательство ГМиздат, 1976.— 480 с.

Материал предоставлен 10. 11. 2003 г.