

Пициль Андрей Орестович

Житомирский национальный агроэкологический университет, Украина

Pitsil-uk@rambler.ru

ОЦЕНКА ВЫНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ НЕТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ[©]

В области охраны водных ресурсов большую актуальность приобретает проблема очистки поверхностного стока (ПС), который формируется на застроенных территориях городов и промышленных предприятий и является одним из крупнейших источников загрязнения веществами техногенного происхождения. Особенно заметно негативное влияние ПС (при отсутствии его очистки) сказывается на гидрографической сети городов и промышленных центров. Негативное влияние ПС на водные экосистемы со временем усиливается, следовательно, необходимость в решении существующих проблем – острая [2; 4].

Как показал анализ доступной нам литературы [1; 3], по исследованию условий формирования и влияния диффузных источников загрязнения на экологическое состояние водных объектов написано большое количество работ, но эта проблема остается еще нерешенной.

Одним из наиболее простых методов оценки величины нагрузки от неточечных источников на водный объект является метод постоянных концентраций:

$$C(t) \approx C_0 = \text{const},$$

где $C(t)$ – время продолжительности дождя; C_0 – постоянная концентрация загрязняющего вещества.

Метод основывается на предположении, что поступление веществ через замыкающий створ изучаемой водосборной территории можно охарактеризовать определенным значением концентрации загрязняющего вещества, которое практически не зависит от времени. Недостатком этого метода является то, что концентрации загрязняющих веществ в стоке сильно изменяются не только от одного дождя к другому, а даже в течение одного ливня, поэтому следует понимать, что результаты будут весьма приближенными.

В данном исследовании мы применили метод, при котором количество загрязняющего вещества определяется количеством поллютанта, поступающего с единицы площади водосборного бассейна через его замыкающий створ в единицу времени. Ежегодная (ежемесячная) нагрузка рассчитывается умножением данного показателя на площадь водосборной территории:

$$L = \langle c \rangle Q_d \Delta t,$$

где L – нагрузка с выбранного водосбора в единицах массы; $\langle c \rangle$ – среднее значение концентрации вещества ($\text{кг}/\text{м}^3$) в замыкающем створе исследуемой территории в течение определенного периода; Q_d – среднесуточный расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), наблюдаемый одновременно с концентрацией; Δt – период времени.

Целью работы было исследовать экологию ПС различного происхождения с разных функциональных зон города с учетом особенностей его формирования и загрязнения, поступающего с населенных территорий, и выявить его влияние на загрязнение гидрографической сети.

Объектом исследования является процесс формирования ПС с урбанизированных территорий и выноса загрязнений.

В основу работы положены экспериментальные исследования ПС города Житомира (Украина). Химический анализ проб ПС осуществлялся в аккредитованной лаборатории Житомирской городской санитарно-эпидемиологической станции по стандартным методикам.

Для всех водосборов были рассчитаны: расходы воды, объемы стока за период действия временного потока, масса загрязняющего вещества в теплый период года. Пробы ПС отбирались путем анализа дождевой воды в замыкающих створах. Отбор проб происходил порционно. Для получения подробной информации о ПС определялся анализ каждой отобранной пробы. Для дождевой воды интервал между отбором проб от начала дождя был равен 15-20 минут, а в последующий период – 20-30 минут. Ориентировочные данные о составе дождевой воды определялись путем анализа средних проб за период дождя. Для систематизации источников загрязнения поверхностных вод на территории города в исследовании выделили различные функциональные зоны: зоны с преобладанием многоэтажной застройки (водосбор 1), зоны с преобладанием индивидуальной частной застройки (водосборы 2-3), промышленные зоны, автодороги (водосбор 4).

Сеть ливневой канализации на всех водосборах – полная раздельная, представлена в виде самотечных коллекторов, разгрузка дождевых сточных вод поступает без очистки напрямую в водные источники города Житомира.

Анализ результатов собственных исследований (2007-2012 годы) на водосборах показал, что концентрации загрязняющих веществ в ливневых стоках с урбанизированных территорий не являются постоянными. Формирование качественного состава ливневых сточных вод в первых фазах дождя зависит от многих факторов: расхода сточных вод, времени между дождями, массы загрязняющих веществ, которая накопилась на водосборе за период между дождями, интенсивности дождя. В заключительную фазу дождя смыв определяется массой загрязняющих веществ, постоянно находящихся на водосборе (в почвах, порах дорожных покрытий и т.д.). В этой фазе концентрации ингредиентов однозначно зависят от расхода ливневого стока в замыкающем створе.

Наибольший вынос загрязнений с ПС в реки происходил в ранних фазах в начале дождя. Вынос загрязнений был непропорционален объему стока с водосборных территорий. На Рисунке 1 представлено кумулятивное распределение основных загрязняющих веществ по показателям: взвешенные вещества (ВВ), химическое потребление кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅), азот, фосфор в ливневых стоках в безразмерных единицах.

График распределения количества загрязнения от объема показал, что концентрация загрязнения связана с площадью водосбора и объемом стока в течение всего ливня. Если количество загрязняющих веществ выносятся с водосбора пропорционально объему стока, то кривые нагрузки загрязнений в стоках будут сочетаться с биссектрисой. Чем больше вынос загрязнений в дождевом стоке, тем выше биссектрисы будут кривые.

Кривые четырех параметров качества сточной воды в течение дождей были выше биссектрисы, отсюда следует вывод, что большая часть загрязняющих веществ была доставлена начальным объемом стока. Так как максимальный уровень выноса загрязнения в начальный период дождя для каждого ливня составил на 30% выше от среднего уровня выноса в течение всего дождя, то первые 30% от объема всего стока были использованы как индикатор для оценки величины загрязнения для ливней и выноса загрязняющих веществ с водосборов.

Закономерности изменения загрязненности поверхностного стока хорошо прослеживаются для таких показателей как содержание ВВ, азота, фосфора, ХПК, БПК₅. Распределение концентраций остальных загрязняющих веществ часто имело случайный характер.

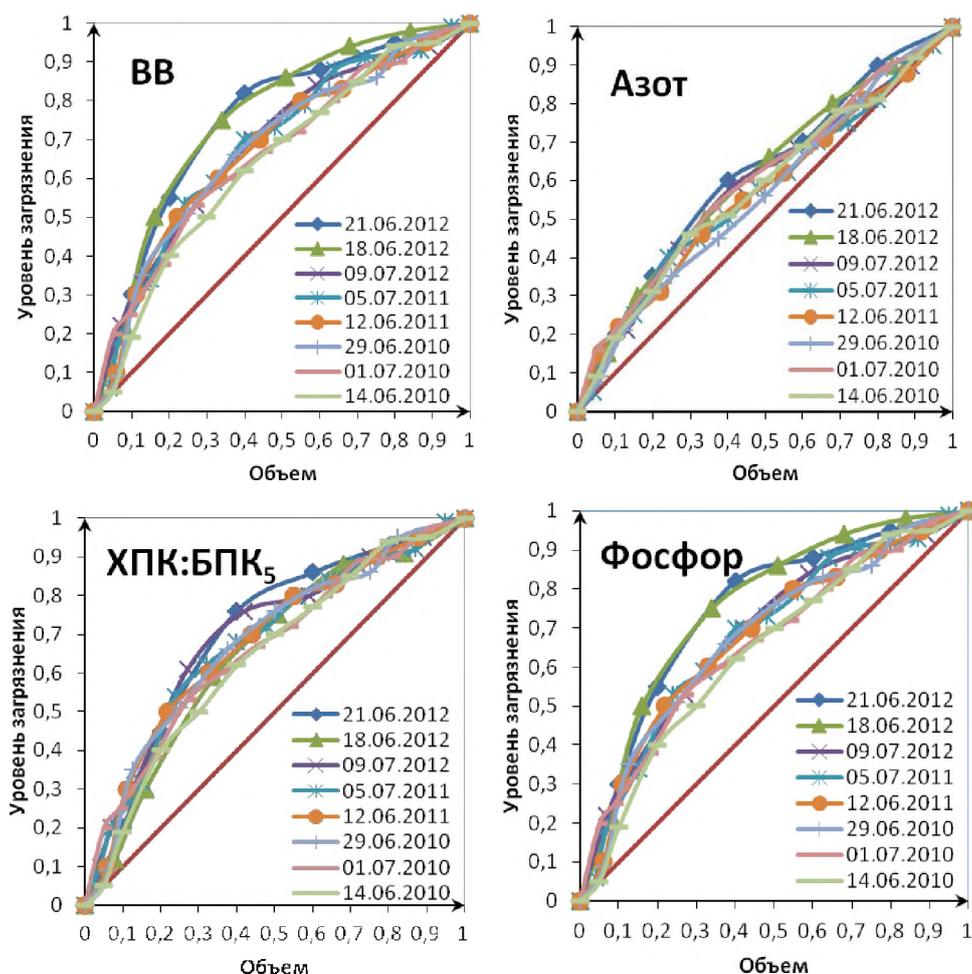


Рисунок 1. График распределения количества загрязнения от объема стока

Массив результатов определения показателей состава ливневых вод с функциональных зон территории города, полученных автором и химиками-аналитиками измерительной лаборатории городской санэпидстанции, представлен в Табл. 1.

Таблица 1. Загрязнение дождевого поверхностного стока города Житомира

№	Место отбора	Показатели	Показатели качества воды, мг/л										
			NH ₄	NO ₂	NO ₃	P ₂ O ₅	БПК ₅	Fe	Zn	Cu	ХПК	НП	ВВ
1	Водосбор № 1	Min	0,15	0,13	0,27	0,21	4,3	0,31	0,08	0,01	24,16	0,08	8,9
		Max	1,1	0,35	2,5	0,63	12,8	1,35	0,2	0,01	64,6	0,9	80,3
		Средний	0,6	0,23	1,4	0,37	10,8	0,8	0,15	0,01	45,7	0,23	35,6
2	Водосбор № 2	Min	0,27	0	0,57	0,08	3,7	0,6	0,09	0,02	8,27	0,02	3,5
		Max	1,42	0,3	1,9	0,27	28,2	1,35	0,37	0,1	85,36	0,91	42,4
		Средний	0,80	0,2	1,45	0,19	14,2	1,10	0,22	0,05	55,7	0,56	25,4
3	Водосбор № 3	Min	0,17	0,2	0	0	5,3	0,27	0	0	6,77	0	4,3
		Max	1,06	0,9	2,2	0,37	17,6	1,44	0,12	0,13	62,8	0,91	62,8
		Средний	0,68	0,7	1,34	0,24	13,7	1,10	0,09	0,07	34,6	0,6	45,6
4	Водосбор № 4	Min	0,29	0,25	0	0	5,3	0	0,17	0	8,42	0,5	13,3
		Max	3,4	1,2	1,92	0,67	37,8	5,2	0,42	0,11	85,36	3,5	150
		Средний	1,20	0,9	1,70	0,45	27,80	1,54	0,35	0,09	67,7	1,45	56,7

Данные исследования позволили рассчитать количество загрязняющего вещества (кг/га) в год с различных функциональных зон города (Табл. 2) через замыкающие створы водосборов по приоритетным загрязняющим веществам.

Среди многих факторов и процессов, оказывающих влияние на загрязняющие вещества при прохождении от источника до замыкающего створа, выявлена длина пути транспортировки поллютанта, которая определяется размером водосбора и его гидролого-геологическими особенностями. Следовательно, чтобы использовать данные о количестве загрязняющего вещества, полученные для одного водосборного бассейна, для оценки величины диффузной нагрузки следует убедиться, что размеры водосборных бассейнов близки, а гидрологические и

гидрометеорологические условия и типы функциональных зон подобны. Тем не менее, как обобщенная характеристика водосборного бассейна, величина выноса смываемых поллютантов характеризует уровень загрязненности территории, ее гидрологические особенности, характер хозяйственного освоения, плотность населения и т.д. и является удобным параметром для оценки диффузного загрязнения водоемов. Проведенная на основе исследований инвентаризация источников поступления основных загрязняющих веществ в поверхностный сток с территории города позволяет при отсутствии систематических наблюдений за сбросами дождевых вод устанавливать основные источники поступления загрязняющих веществ (Табл. 3).

Таблица 2. Средний вынос загрязняющих веществ с поверхностным стоком (кг/га) в год с различных функциональных зон города Житомира

Функциональные зоны	Фосфор	Азот	Органические вещества		Взвешенные вещества
			по ХПК	по БПК ₅	
Зоны с преобладанием многоэтажной застройки	1,3	2,4	83	27	1750
Зоны с преобладанием индивидуальной частной застройки	0,65	1,9	25	13	1430
Промышленные зоны, автодороги	1,7	3,4	78	34,5	2200

Таблица 3. Классификация основных источников поступления химических веществ в состав поверхностного стока

Загрязняющие вещества	Источники поступления веществ со средой загрязнения			
	атмосфера	поверхности территорий	почвы	растительный покров
1	2	3	4	5
Взвешенные вещества	атмосферные осадки, выбросы автотранспорта, отопительных систем, предприятий	поверхности автодорог, крыши, тротуары, газоны и т.д.	эрозия почвы	смыв атмосферными осадками
Вещества группы азота	атмосферные осадки, выбросы автотранспорта	накопление бытовых отходов, опавших неубранных листьев, травы	использование удобрений на территориях	опавшие листья
Фосфаты	атмосферные осадки, выбросы автотранспорта	накопление бытовых отходов, опавших неубранных листьев, смазочные вещества	использование удобрений на территориях	опавшие листья
Нефтепродукты (НФ)	-	утечка на дорогах, асфальтированные покрытия	верхний слой придорожной полосы	-
Цинк	отработанные газы автомобилей	износ шин	верхний слой придорожной полосы	смыв атмосферными осадками
Медь	отработанные газы автомобилей	износ деталей двигателя, подшипников	использование удобрений	смыв атмосферными осадками

Заключение

1. Исследован качественный состав поверхностного стока с различных водосборных поверхностей на территории Житомира. Определен перечень приоритетных загрязняющих веществ в дождевых водах с территории города.

2. Проведенная инвентаризация источников поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком с сельских поверхностей позволяет определить меры по снижению влияния ливневых вод с водосборов на окружающую среду.

Список литературы

1. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М. – СПб., 2000. 352 с.
2. Дмитрієва О. О., Калашников В. О., Кордоба І. В. Водовідведення в населених пунктах України та напрями його упорядкування // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2003. № 3. С. 63-67.
3. Экологическое состояние бассейна Днепра на территории России / под общ. ред. Г. М. Черногаевой, А. С. Зеленова, М. С. Зеленовой, Ю. А. Малеванова. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2009. 230 с.
4. Mar B. W., May C. W., Welch E. B. et al. Quality Indices for Urbanization Effects in Puget Sound Lowland Streams: final technical report № 154 prepared for Washington Department of Ecology. Washington, 1997. 229 p.