

УДК: 502:504

УКРУПНЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИВНОСА В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ЛИВНЕВЫМ СТОКОМ С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ)

Белевцов А.А., Нырков Ю.Н., Зверев А.В.

Дальневосточный филиал ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов»
г. Владивосток, Россия
iwf@vlad.ru

Ключевые слова: объем, ливневой сток, концентрация, ингредиент, вещество, зависимость, масса.

Выполнены расчеты среднегодового объема ливневых сточных вод для водосборной площади бухты Золотой Рог (Приморский край). Определены средние концентрации нефтепродуктов, аммонийного азота, фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, железа, меди, цинка, нитритов и нитратов в ливневых стоках и массы привноса этих веществ в исследуемый водный объект.

THE INTEGRATED EVALUATION OF WATER POLLUTING SUBSTANCES OBJECT RAIN RUN-OFF FROM RESIDENTIAL AREAS (FOR EXAMPLE THE ZOLOTOY ROG BAY)

Belevtsov A.A., Nirkov Y.N., Zverev A.V.

Russian Research Institute
for Integrated Water Resources Use and Protection Far Easter Branch
Vladivostok, Russia
iwf@vlad.ru

Key words: storm water, runoff volume, concentration, ingredient, substance, dependence, mass.

Calculations of the average annual volume of storm water catchment for the Zolotoy Rog Bay (Maritime Kray). Determined average concentrations of petroleum products, ammonia nitrogen, phenols, synthetic surfactants, iron, copper, zinc, nitrites and nitrates in storm runoff and mass of these substances in the investigated water object.

Для укрупненной оценки привноса в водный объект загрязняющих веществ ливневым стоком с селитебных территорий необходимо решить следующие задачи:

- расчет среднегодового объема дождевого стока;
- определение средних концентраций ингредиентов в ливневом стоке.

Гидрографическая сеть водосборной площади бухты Золотой Рог представлена двумя основными водотоками – рекой Объяснения и впадающей в нее рекой Буяковка, а также многочисленными распадками, в основном на территории городской застройки, имеющими незначительные размеры площадей водосборов (рис.1).

Среднегодовой ливневой сток и норма ливневого стока для неизученных рек, каковыми являются рассматриваемые микробассейны и река Объяснения, были установлены, согласно СП 33-101-2003, с применением региональных методов и зависимостей, выведенных на основе результатов наблюдений на изученных реках-аналогах. Расчеты показали, что модуль стока для рассматриваемой территории приблизительно равен $17 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. Значения нормы ливневого стока для рассматриваемых микробассейнов (рис. 1),

рассчитанные как произведение модуля стока на отдельно взятую водосборную площадь (с учетом невязки), приведены в табл. 1.

Определение средних концентраций ингредиентов в ливневом стоке осуществлялось на основе анализа соотношений масс загрязняющих веществ и объемов этого вида сточных вод. Проведение данной работы было связано со следующими основными трудностями:

- отсутствие системных наблюдений за характеристиками ливневого стока;
- большая вариативность количественных показателей, обусловленная как естественными процессами (например, периодом времени от момента формирования устойчивого склонового стока), так и непрогнозируемым появлением на водосборной площади временных источников воздействия на ливневые воды.



Рис. 1. Схема водосборного бассейна бухты Золотой Рог.

Отсутствие системных наблюдений предполагает использование иных источников информации по теме исследования. В связи с этим для определения количественных показателей ингредиентов, содержащихся в ливневых сточных водах, поступающих с водосборной площади бухты Золотой Рог, использовались данные территориального раздела государственной отчетности 2-ТП (водхоз) за период с 2011 по 2015 год, представленные водопользователями, имеющими наибольшее число выпусков ливневых стоков.

Эта информация позволяет определить типичный для района исследований состав склонового стока. Однако расчет средних концентраций веществ предпочтительнее проводить по показателям, относящимся к ливневым сточным водам, образованным в сходных обстоятельствах, т. е. не подвергнутых влиянию случайных (временных) источников воздействия. Выделение из общего массива информации данных, соответствующих этому условию, проводилось на основе предположения о наличии устойчивой связи между годовым объемом ливневых сточных вод и массой, содержащихся в них веществ, для стоков, поступающих из одного района водосборной площади с составом веществ, сформированным в близких условиях. Для оценки тесноты этой связи использовались коэффициенты корреляции, характеризующие зависимость между объемами ливневого стока, сбрасываемыми в водный объект через отдельные объекты водоотведения, и соответствующими им массами каждого из содержащихся в стоке ингредиентов. За

нижнюю допустимую границу, указывающую на то, что ливневой сток образован без существенного влияния случайных факторов, принят коэффициент корреляции равный 0,70.

Таблица 1. Рассчитанные значения нормы и среднегодового годового объема ливневого стока микробассейнов на водосборной площади бухты Золотой Рог

№ бассейна	Площадь, км ²	Норма стока, л/с	Годовой объем стока, тыс. м ³	№ бассейна	Площадь, км ²	Норма стока, л/с	Годовой объем стока, тыс. м ³
1	0,06	1,2	38	17	0,60	10,5	331
2	0,06	1,2	38	18	5,4	9,5	330
3	0,11	2,0	64	19	0,55	10,0	315
4	0,13	2,5	79	20	0,74	13,0	411
5	0,14	2,5	79	21	1,34	23,0	726
6	0,43	7,5	238	22	0,37	6,5	205
7	0,20	3,5	112	23	0,80	14,0	442
8	0,20	3,5	112	24	0,62	11,0	347
9	0,65	12,0	380	25	0,26	4,5	142
10	0,39	7,0	222	26	0,36	6,5	205
11	1,14	20,0	632	27	0,28	5,0	158
12	0,66	11,5	364	28	0,27	5,0	158
13	0,47	8,5	270	29	0,38	7,0	221
14 р. Буяковка	2,88	50,0	1580	30	0,34	6,0	177
15	0,72	13,0	410	31	0,08	1,5	48
16	2,06	35,0	1103	32	0,11	2,0	64
Итого	10,3		5721		12,5		4280
Всего					22,8		10 000

Непосредственно было проведено сопоставление 3 рядов, характеризующих годовые объемы отведенных ливневых стоков, и 21 ряда данных о массах ингредиентов, поступивших с ними в водный объект. Удовлетворяющая поставленному условию теснота связи выявлена для 57 % сопоставленных рядов. Зависимости для 43 % исследуемых рядов данных оказались недостаточно устойчивыми, что говорит о неоднородности условий поступления этих веществ в сточные воды, т. е. о наличии влияния случайных (временных) источников воздействия. В связи с этим требуется решение дополнительной задачи по выделению массива данных, соответствующих относительно идентичным условиям формирования ливневого стока в части поступления в него рассматриваемых веществ. Для достижения заявленной цели были использованы зависимости следующего вида:

$$\sum M_{з.в.} = f \sum W_{лив. ст.},$$

где $\sum M_{з.в.}$ – последовательно нарастающая сумма годовых масс i -того ингредиента за расчетный период; $\sum W_{лив. ст.}$ – последовательно нарастающая сумма объемов годового ливневого стока, с которым поступает i -й ингредиент.

Предполагается, что связь между $\sum M_{з.в.}$ и $\sum W_{лив. ст.}$ должна стремиться к линейной зависимости при близких к равным условиям формирования состава сточных вод. Примеры подобных связей для нефтепродуктов и фенолов на рис. 2 и 3. Характер расположения точек на них в целом подтверждает высказанное предположение – красным цветом выделены точки, соответствующие данным, полученным в условиях воздействия на ливневой сток временных (случайных) факторов. Удаление этой информации из общего ряда данных позволяет достигнуть соблюдения указанного выше условия, характеризующего

тесноту связи между годовым объемом ливневых сточных вод и массой, содержащихся в них веществ. В итоге появилась возможность провести расчет средних концентраций ингредиентов для южной, северной и западной частей водосборной площади б. Золотой Рог. Эти показатели определены как среднее арифметическое из концентраций ингредиентов, поступивших в ливневой сток при сходных внешних условиях. Для бассейна р. Обьяснения средние концентрации веществ в ливневых сточных водах, как и среднее содержание в них нитритов и нитратов (по бассейну б. Золотой Рог в целом) рассчитывались по данным натурных исследований качественного состава ливневого стока полученным в 2016 г.

Таким образом, были получены исходные данные, позволяющие определить массы среднегодового привноса химических веществ с ливневыми сточными водами. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

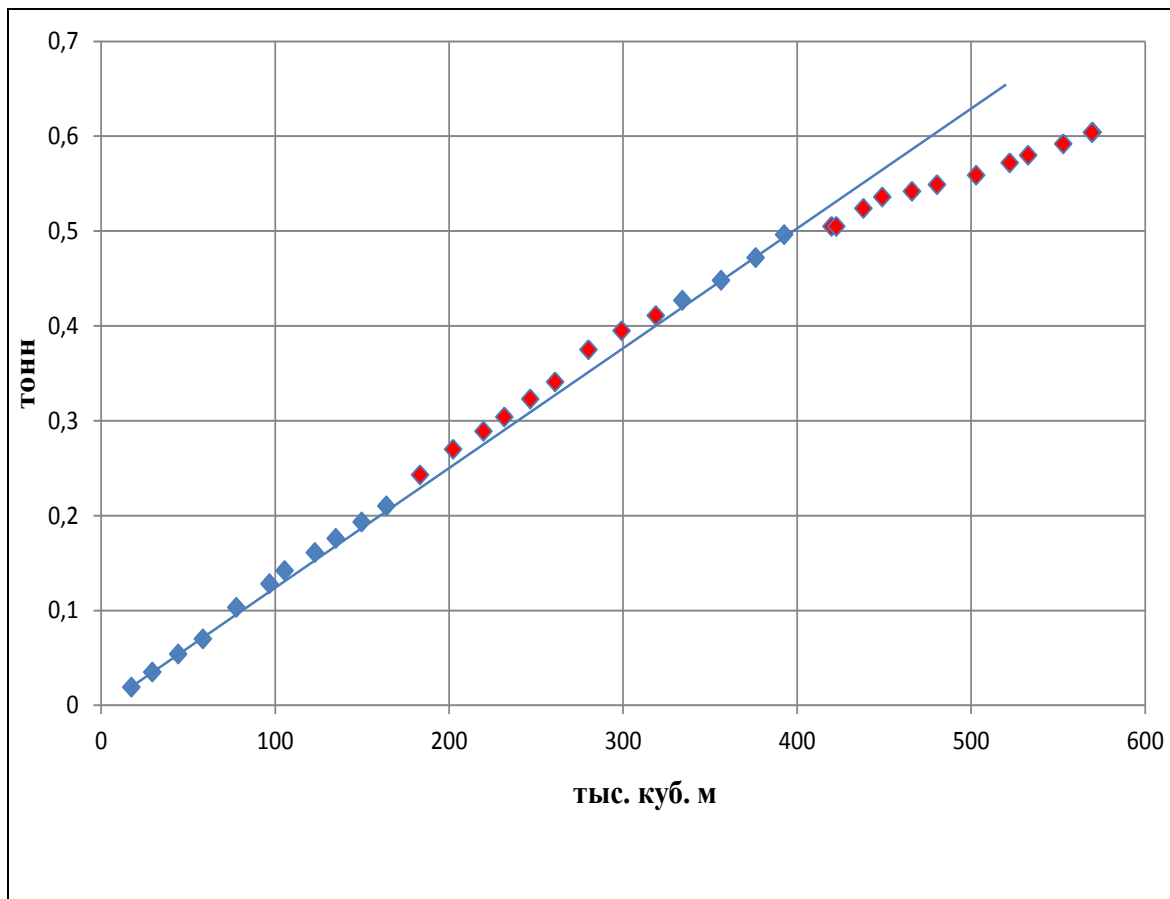


Рис. 2. Зависимость $\sum M_{з.в.} = f \sum W_{лив. ст.}$ для нефтепродуктов.

Таблица 2. Расчет среднегодового привноса веществ ливневым стоком с водосборной площади бухты Золотой Рог

Наименование ингредиента	Южная часть водосборной площади			Северная часть водосборной площади			Западная часть водосборной площади			Бассейн р. Объяснения			Суммарный среднегодовой принос ингредиента, кг
	Средняя концентрация, г/м ³	Среднегодовой объем ливневого стока, м ³	Среднегодовой привнос ингредиента, кг	Средняя концентрация, г/м ³	Среднегодовой объем ливневого стока, м ³	Среднегодовой привнос ингредиента, кг	Средняя концентрация, г/м ³	Среднегодовой объем ливневого стока, м ³	Среднегодовой привнос ингредиента, кг	Средняя концентрация, г/м ³	Среднегодовой объем ливневого стока, м ³	Среднегодовой привнос ингредиента, кг	
Нефтепродукты	0,355	1520000	539,6	0,548	1868000	1023,664	1,25	760000	950	0,063	5853000	368,739	2882,0
Аммонийный азот	1,16	1520000	1763,2	0,977	1868000	1825,036	1,05	760000	798	0,215	5853000	1258,395	5644,6
Фенолы	0,008	1520000	12,16	0,014	1868000	26,152	0,004	760000	3,04	0,0018	5853000	10,5354	51,9
СПАВ	0,106	1520000	161,12	0,093	1868000	173,724	0,134	760000	101,84	0,061	5853000	357,033	793,7
Железо	0,69	1520000	1048,8	0,74	1868000	1382,32	0,49	760000	372,4	0,126	5853000	737,478	3541,0
Медь	0,006	1520000	9,12	0,014	1868000	26,152	0,025	760000	19	0,0024	5853000	14,0472	68,3
Цинк	0,007	1520000	10,64	0,447	1868000	834,996	0,102	760000	77,52	0,0	5853000	0,0	923,2
Нитриты	0,178	1520000	270,56	0,178	1868000	332,504	0,178	760000	135,28	0,178	5853000	1041,834	1780,2
Нитраты	11,45	1520000	17404	11,45	1868000	21388,6	11,45	760000	8702	11,45	5853000	67016,85	114511,4

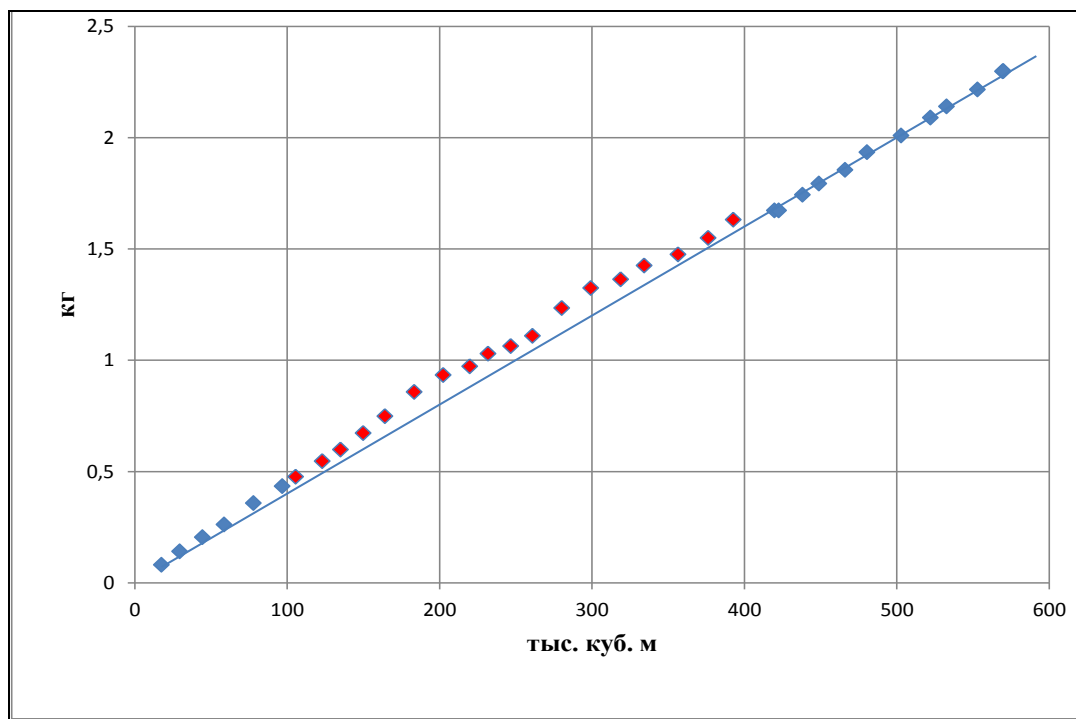


Рис. 3. Зависимость $\sum M \text{ з.в.} = f \sum W \text{ лив. ст.}$ для фенолов.

Полученные результаты позволяют сделать следующий основной вывод – поступление химических веществ с ливневым стоком сельских территорий оказывает значимое влияние на экологическое состояние прилегающих к ним водных объектов. Расчетные показатели (массы) привноса ингредиентов с водосборной площади бухты Золотой Рог позволяют констатировать, что применяемые на сегодняшний день (в большинстве случаев) стандартные способы очистки ливневых стоков не могут в полной мере снизить негативное влияние этого процесса на качество природных вод.

Сведения об авторах:

Белевцов Александр Александрович, заведующий отделом мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток, пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru

Ныркв Юрий Николаевич, ведущий инженер, отдел моделирования гидрологических процессов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru

Зверев Александр Викторович, ведущий инженер, отдел мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru