

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ОХРАНЕ ВОД

(ВНИИВО)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОД

*Сборник
научных
трудов*

17518

133601

В

Харківська Державна
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. В. Г. Короленка

№ K3-17518

Харьков
1988

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рокшевская А. В. и др. Исследование осветления поверхностного стока с застроенных территорий//Охрана вод от загрязнения поверхностным стоком: Сб. науч. тр./ВНИИВО Харьков, 1983. С. 26—37.
2. Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. С. 528.
3. Сиденко В. М., Михович С. И. Эксплуатация автомобильных дорог М.: Транспорт, 1978. С. 226.
4. Бируля А. К., Михович С. И. Работоспособность дорожных одежд М.: Транспорт, 1968. С. 172.
5. Кнороз В. И. Работа автомобильной шины. М.: Транспорт, 1976. 237 с.
6. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Л.: Гидрометеониздат, 1962. С. 220.
7. Дьяков Р. А. Воздухоочистка в дизелях. Л. Машиностроение, 1975. 152 с.
8. Кудрявцев А. О. Рациональное использование территорий при планировании и застройке городов СССР. М.: Стройиздат, 1971. С. 181.
9. Рокшевская А. В., Хват В. М. Очистка поверхностного стока с городской территории//Водоснабжение и санитарная техника. 1976. № 4. С. 9—12.
10. Якшин А. М. Перспективы развития сети городских магистралей. М.: Стройиздат, 1975. 110 с.
11. Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха, источники и контроль. М.: Мир, 1980. С. 539.

УДК 628.212.2.001.573 : 628.315

О. П. РОНЕНКО, В. М. МОСКОВКИН

(ВНИИВО)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ О РЕАЛЬНЫХ ДОЖДЕВЫХ СОБЫТИЯХ

Одним из перспективных путей уменьшения затрат на обезвреживание поверхностного стока является устройство аккумуляющих емкостей (АЕ), предназначенных одновременно для регулирования его отведения, аккумуляции и освобождения от основной массы взвешенных веществ [1, 2]. Основные характеристики при расчете АЕ для конкретного региона следующие: объем АЕ (мм), выраженный в слоях стока и обеспечивающий аккумуляцию 70 % (или иной процент) годового слоя стока, частота переполнения АЕ, а также статистические данные по продолжительности бездождевых периодов, необходимые для определения оптимального режима функционирования АЕ, обеспечивающего осветление стока и опорожнение емкости.

В работе ставилась задача на основе существующих методов измерения жидких осадков, оптимально используя способы статистической обработки и математического моделирования, представить полученные результаты в форме, удобной для прак-

Результаты статистической обработки метеоданных по атмосферным осадкам
за теплый период года (слой осадков за дождь не менее 1 мм)

Показатели	Количество			Продолжительность							Интенсивность осадков, мм/мин		
	дождей	осадков, мм		дождя				бездождевого периода			средняя	максимальная	минимальная
		суммарное	среднее	суммарная, ч	средняя, ч	максимальная, ч	минимальная, мин.	средняя, сут	максимальная, сут	минимальная, ч			

Бассейн р. Уды

Средние	40	221,6	5,5	126,9	3,2	16,4	17	4,2	24,1	2,7	0,058	0,334	0,004
Максимальные	58	330,2	7,9	216,5	4,0	26,0	60	5,7	34,7	6,8	0,019	0,973	0,007
Минимальные	27	125,0	4,3	68,7	2,2	6,3	6	2,5	12,2	1,7	0,031	0,132	0,002

Южная часть Молдавии

Средние	45	266,6	5,9	171,0	3,8	15,0	15	5,5	24,4	4,3	0,080	0,528	0,006
Максимальные	58	473,8	14,1	200,9	5,9	26,8	30	7,6	40,0	9,7	0,129	1,490	0,012
Минимальные	24	156,3	4,2	75,4	2,4	7,1	5	3,6	13,7	1,1	0,030	0,120	0,002

тического использования и удовлетворяющей запросам потребителя. При помощи имитационной модели процесса аккумуляции поверхностного стока [1] проводилась статистическая обработка многолетних метеоданных записей дождей (плювиограмм) и балансовые расчеты аккумуляции поверхностного стока за теплый период года для ряда пунктов европейской территории СССР.

Результаты статистической обработки многолетних метеопараметров, полученные в процессе балансовых расчетов

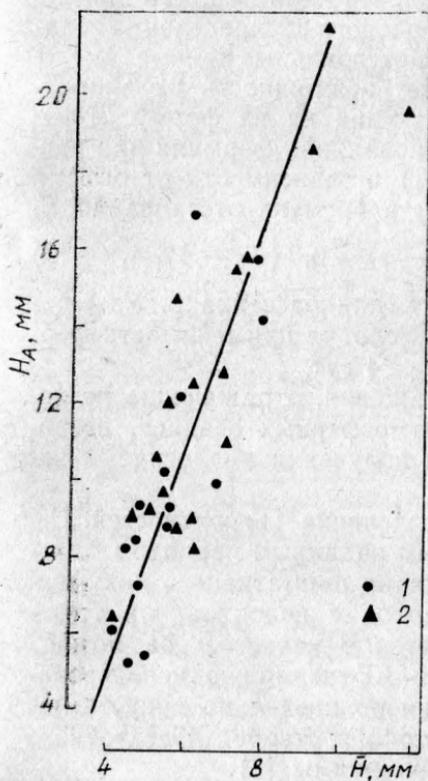


Рис. 1. Зависимость объема аккумулирующей емкости H_A от среднего слоя осадков H за теплый период года:

1 — бассейн р. Уды; 2 — южная часть Молдавии

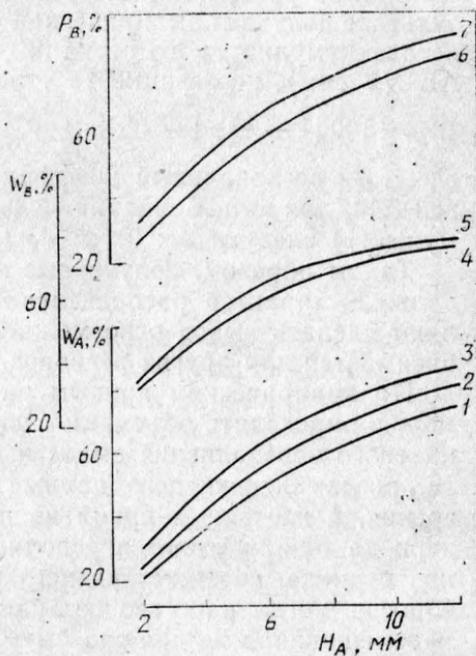


Рис. 2. Средние многолетние интегральные кривые аккумуляции поверхностного стока W_A , взвешенных веществ W_B в аккумулирующей емкости и выноса взвешенных веществ P_B для различных значений коэффициента стока и времени отстаивания:

1 — $T_0=2$ сут; 2, 3, 4, 5 — $T_0=1$ сут; 1, 2, 4, 7 — $\phi=1$; 3, 5, 6 — $\phi=0,8$

при помощи модели для бассейна р. Уды и юга Молдавии приведены в таблице. Была установлена довольно тесная связь объемов АЕ, выраженных в слоях стока и обеспечивающих аккумуляции

муляцию 70 % годового слоя стока, и среднего слоя осадков за год (рис. 1). Коэффициент корреляции связи — $r=0,87$, для рассмотренной зависимости коэффициент стока принят равным 1. Уравнение связи, полученное способом наименьших квадратов представляет прямолинейную зависимость вида $H_A = aH + b$, мм, где $a=3,0$; $b=-7,2$ — параметры уравнения связи, обобщенные для рассмотренных регионов.

Как показал анализ многолетних интегральных кривых аккумуляции поверхностного стока [1], зависимость объема АЕ от коэффициента стока имеет нелинейный характер, что является отражением особенностей внутригодового распределения осадков и водосбора. Все многолетние интегральные кривые имеют экспоненциальный характер, что дает возможность их аппроксимации с учетом параметров, влияющих на их форму. В результате получена эмпирическая региональная формула для расчета аккумулируемого стока W_A (%) в зависимости от объема АЕ H_A (мм), коэффициента стока φ и времени отстаивания T_0

$$W_A = 100 \{1 - \exp \{-H_A [\alpha + 0,2(1 - \varphi) - 0,3(T_0 - 1)]\}\}, \quad (1)$$

где α — региональный коэффициент, для бассейна р. Уды равен 0,14, для юга Молдавии — 0,10. Условия применимости формулы (1) следующие: $0 < \varphi \leq 1$; $1 \leq T_0 < 4$ сут.

Таким образом, полученные выражения, отражающие региональный характер распределения атмосферных осадков, позволяют сделать вывод о возможности получения аналогичных зависимостей для других регионов.

По эмпирическим кривым распределения вероятностей [1] можно определить объем АЕ с любым заданным периодом однократного переполнения емкости. Однако нормативного документа, регламентирующего данный период с водоохранной точки зрения, в настоящее время не имеется. В качестве расчетного периода однократного переполнения АЕ возможно использование периода, соответствующего условию предельно допустимых сбросов, когда качество воды водотока в створе достаточного перемешивания не должно быть ниже нормы [3].

В аккумулируемой части стока перехватывается основная масса взвешенных веществ в зависимости от времени отстаивания стока и эффективности осаждения взвешенных веществ. Полученные данные о средней продолжительности периодов между стокообразующими осадками показывают, что продолжительность отстаивания стока в АЕ может быть принята равной 1—2 суткам. Эффект снижения содержания взвешенных веществ и показателя ХПК в этом случае колеблется в пределах 80—90 % [2].

На основании этого в балансовую модель процесса аккумуляции стока вводится блок, позволяющий проводить балансовый расчет процесса накопления, выноса и аккумуляции взвешенных

веществ с учетом параметров накопления и выноса смета: суточной скорости накопления, эффективности уборки территории, продолжительности бездождевых периодов, коэффициента выноса и др.

Параметры накопления загрязняющих веществ получены на основе зависимостей, позволяющих определить количество смета на конец бездождевого периода и вынос взвешенных веществ по исходной информации о дождевых событиях за теплый период года [4].

Удельное количество смета (взвешенных веществ) на застроенной территории на конец бездождевого периода определяется по модифицированной формуле модели *STORM* с учетом процесса диффузионного рассеивания и уплотнения смета (согласно уравнению баланса смета)

$$P_i = \frac{A \cdot E}{U} [1 - \exp(-U \cdot T_{B_i})] + (P_0 - P_v)_i \exp(U \cdot T_{B_i}),$$

кг/га, (2)

где U — коэффициент уплотнения и диффузионного рассеивания смета, сут⁻¹; $(P_0 - P_v)_i$ — количество смета (кг/га), оставшееся на начало бездождевого периода (T_{B_i} , сут); A — суточная скорость накопления смета, кг/га·сут; E — эффективность уборки.

При расчете выноса веществ используется уравнение Меткафа и Эдди. Согласно этому уравнению количество взвешенных веществ, смытых с застроенной территории за единицу времени (интенсивность смыва веществ), пропорционально количеству веществ, остающихся на поверхности (P): $dP/dt = -kP$. Коэффициент выноса k является функцией от интенсивности поверхностного стока. Предполагается, что при стоке интенсивностью 12,5 мм/ч уносится 90 % исходной загрязняющей нагрузки в течение одного часа. Это приводит к следующей формуле при расчете выноса за весь дождь [4]

$$P_{v_i} = P_i [1 - \exp(-0,18 \varphi H_i)], \text{ кг/га,} \quad (3)$$

где φ — коэффициент стока, H_i — слой осадков за дождь, мм.

Удельный объем аккумулируемых взвешенных веществ в АЕ для принятого режима ее функционирования (без учета времени опорожнения) определялся для различных значений объемов аккумуляции и времени отстаивания (отражающего эффективность осаждения взвешенных веществ) с использованием параметров накопления смета и информации об осадках $W_{v_i} = E_0 P_{v_i} H_A / \varphi H_i$, кг/га, где E_0 — эффективность осаждения взвеси; P_{v_i} — вынос взвешенных веществ, кг/га; H_A — объем АЕ, мм; φH_i — слой стока от конкретного дождя, мм.

Концентрация взвешенных веществ (г/л с 1 га) определялась по формуле $C_i = P_{vi}/10 \phi H_i$.

При расчете баланса накопления смета на поверхности и выноса взвешенных веществ с поверхностным стоком важно определить параметры процесса накопления, такие как предельная загрязняющая нагрузка территории, суточная скорость накопления смета в зависимости от вида водонепроницаемой поверхности, а также параметры выноса взвешенных веществ в зависимости от тех же факторов накопления и слоя выпавших атмосферных осадков.

Для наших расчетов была использована информация из работы [5], а выходные данные для сопоставимости были получены в относительных и удельных величинах.

При анализе многолетних интегральных кривых аккумуляции стока, взвешенных веществ и их выноса (рис. 2) выявлено что относительная аккумуляция взвешенных веществ для малых объемов АЕ выше, чем относительная аккумуляция стока, а для больших (более 7 мм) — ниже. При достижении 70 %-ной аккумуляции годового слоя стока, аккумуляция взвешенных веществ достигает 67 % от их выноса с водосбора (время отстаивания принято 1 сут, эффективность осаждения взвеси — 0,8).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хват В. М., Роненко О. П. Расчет аккумулирующих емкостей в системах защиты речных бассейнов от загрязнения поверхностным стоком с застроенных территорий//Охрана вод речных бассейнов: Сб. науч. тр./ВНИИВО. Харьков, 1987. С. 117—121.
2. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территории промышленных предприятий и расчету условий выпуска в водные объекты/ВНИИВОДГЕО, ВНИИВО. М., 1983. 46 с.
3. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод/Под ред. А. В. Караушева Л.; Гидрометеонздат, 1987. 286 с.
4. Московкин В. М. и др. Моделирование выноса взвешенных веществ поверхностным стоком с территории города//Охрана вод от загрязнения поверхностным стоком: Сб. науч. тр./ВНИИВО. Харьков, 1983. С. 136—143.
5. Шевченко Ю. Л., Дмитренко Т. Д. Справочник по санитарной очистке городов и поселков. Киев: Будівельник, 1978. 214 с.