

Таким образом, рассмотренные здесь методические основы оценки изменений стока как элемента водного баланса создают предпосылки для расчета влияния осушительной мелиорации на сток в проектном режиме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д р о з д В.В. Восстановление годового стока по ограниченной информации. — В кн.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1981, вып. 11, с. 9—14.
2. К р и ц к и й С.Н., М е н к е л ь М.Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. — М., 1982. — 272 с.
3. Ш е б е к о В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий. — Минск, 1983. — 200 с.
4. Я н к о в с к и й К.Ф. Расчет снижения уровней грунтовых вод в зонах влияния гидромелиоративных систем. — В кн.: Комплексное использование водных ресурсов. — М., 1977, вып. 5, с. 122—129.
5. Ш и к л о м а н о в И.А. Антропогенные изменения водности рек. — Л., 1979. — 302 с.
6. Б у л а в к о А.Г., Р е в е р а О.З., Л а л ы к и н Н.В. Тенденции антропогенных изменений ресурсов поверхностных вод Белоруссии, Украины и Молдавии. — В кн.: Сборник работ по гидрологии. Л., 1982, № 17, с. 33—43.
7. Г о л о в а н о в А.И. О расчете увлажнения осушаемых земель. — Тр. Московск. гидромелиоративного ин-та. Сер. сельхозмелиорации, 1979, т. 63. — 44—49 с.
8. Гидрологическая роль болот и влияние их осушения на водный режим: Библиогр. указат. Минск, 1977. — 153 с.
9. Б у л а в к о А.Г. Современное представление о влиянии мелиорации на речной сток. — Вестник сельскохозяйственной науки, 1978, 12, с. 82—87.
10. Н е с т е р е н к о И.М. Мелиорация земель Европейского Севера СССР. — Л., 1979. — 360 с.
11. Почвы Белорусской ССР. — Минск, 1974. — 312 с.
12. Почвенная карта Белорусской ССР. — М., 1977.
13. К о с т ь к о в А.Н. Основы мелиорации. — М., 1960. — 622 с.
14. Оценка изменения стока под влиянием осушительных мелиораций/С.И.Харченко, Р.В.Громова, К.М.Харченко и др. — Труды ГГИ, 1981, вып. 269, с. 22—37.
15. Справочник мелиоратора. — М., 1980. — 256 с.

УДК 551.577.36 (476) + 628.212.2

П.Д.ГАТИЛЛО, канд. техн. наук,  
А.Н.ОДИНЕЦ (БПИ)

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММ ОСАДКОВ ЗА ДОЖДЛИВЫЕ ПЕРИОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССИИ

Характеристики дождливых периодов, как и промежутков времени между ними, необходимы при решении многих вопросов использования и охраны водных ресурсов. При этом возможны различные критерии выделения этих периодов. Нами учитываются условия работы дождевой канализации.

При проектировании дождевой канализации задачу быстрого отвода стоков дождевых, талых и других вод следует решать с учетом охраны водоприемников от загрязнения и необходимости удешевления строительства. Анализ опыта разработки схем канализации городов Белоруссии показал важность мер не только по очистке, но и по регулированию стоков. Стремление снизить зарегулированные расходы приводит к удлинению периода опорожнения регулирующих емкостей. При этом возможны случаи, когда последующие дожди выпадут раньше, чем успевают опорожниться регулирующие емкости от стоков, накопившихся в течение предыдущих дождей. Таким образом, очевидна необходимость учета при проектировании целой серии дождей, тем более что разработка вопросов выбора таких расчетных серий пока отсутствуют.

Несомненно, между зарегулированными расходами воды и средней интенсивностью осадков за расчетные дождливые периоды должно существовать соответствие. Поэтому средняя интенсивность осадков может быть принята в качестве критерия при включении подряд выпадающих дождей в состав того или иного периода. Значение же этой критериальной интенсивности должно быть ниже интенсивности дождя, соответствующей самому низкому из возможных зарегулированных расходов, с тем чтобы характеристики дождливых периодов представляли необходимые исходные данные для оптимизационных расчетов параметров, а также показателей работы сооружений и устройств по регулированию стоков.

Практически критериальная интенсивность должна быть ниже, чем интенсивность атмосферных осадков, принимаемая нормативно для определения расходов дождевых вод, направляемых на очистку.

Согласно Временным рекомендациям [1, 2] и данным [3], в качестве так называемых предельных (к которым можно отнести и минимальные зарегулированные) полагается принимать расходы стоков дождевой канализации, соответствующие интенсивности  $i$  дождей с периодом однократного превышения  $p = 0,05-0,10$  лет. Для условий Белоруссии:  $i = 0,08-0,16$  мм/мин. Аналогичная рекомендация Временной инструкции [4] в пересчете соответствует  $i = 0,07$  мм/мин.

В материалах расшифровки плювиографических наблюдений гидрометеослужбы фиксируются минимальные интенсивности целых дождей или их отдельных частей  $i = 0,01$  мм/мин (с округлением). В действительности же эти значения зачастую намного ниже. Чтобы учесть и такие дожди, целесообразно в качестве критериальной принять еще более низкую интенсивность, например  $0,005$  мм/мин.

Для метеостанций "Верхнедвинск" и "Минск" нами были построены кривые распределения сумм атмосферных осадков за дождливые периоды (средние интенсивности  $i \geq 0,010$  мм/мин и  $i \geq 0,005$  мм/мин). Оказалось, что во втором случае суммы осадков за дождливые периоды одинаковой повторяемости выше, чем в первом, соответственно, в  $1,23 \div 1,01$  и  $1,40 \div 1,04$  раза (в области  $p > 0,10$  лет) и ниже, чем в первом случае, соответственно в  $0,98 \div 0,85$  и  $0,93 \div 0,72$  раза ( $p < 0,10$  лет) (рис. 1).

Окончательно в дождливые периоды предлагается включать один или серию дождей с общей средней интенсивностью не ниже  $0,005$  мм/мин. Последнее требование предъявляется не только к частному от деления суммы осадков за весь дождливый период на его общую продолжительность (от начала первого до конца последнего дождя), но и (начиная со второго дождя) к частным от деления суммы осадков за все предшествующие дожди на продолжительность от начала первого до начала каждого данного дождя.

Режим осадков в течение дождливых периодов характеризуется: суммой осадков за весь период, количеством дождей, продолжительностью всего периода, отдельными дождями и бездождных промежутков, распределением сумм осадков между отдельными дождями, их взаимным расположением, значениями интенсивности осадков за различные отрезки времени и т.д.

В этой работе излагаются данные о суммах осадков за дождливые периоды в целом. Анализ остальных характеристик — предмет дальнейших исследований. Определение параметров кривых распределения сумм осадков за дожд-

ливые периоды на метеостанциях Белоруссии, для которых ранее определены параметры кривых распределения сумм осадков за отдельные дожди [5], выполнялось авторами в следующем порядке.

Вначале систематизировались выписки материалов плювиографических наблюдений в хронологические ряды дождей за теплые периоды всех лет

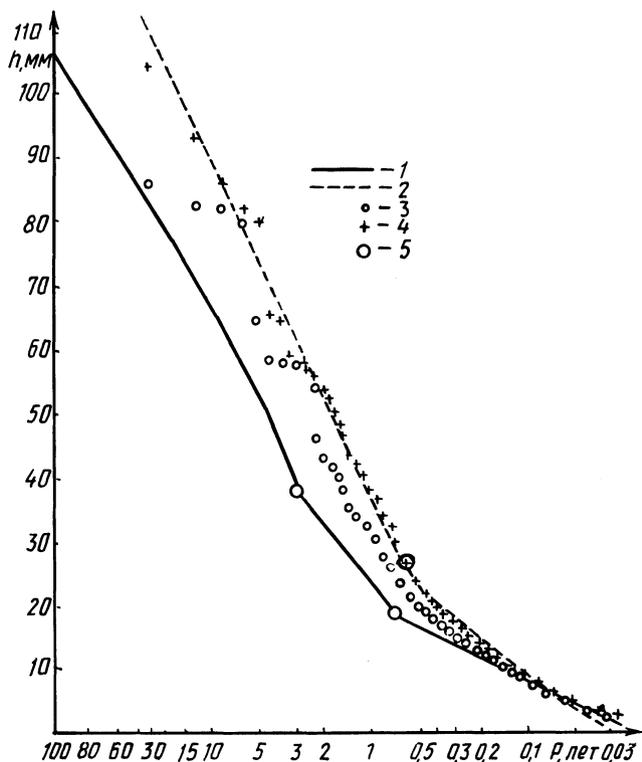


Рис. 1. Характер кривых распределения сумм осадков за отдельные дожди и дождливые периоды на метеостанции "Верхнедвинск":

1 — составная аналитическая кривая распределения сумм осадков за отдельные дожди [5]; 2 — составная аналитическая кривая распределения сумм осадков за дождливые периоды с  $i \geq 0,005$  мм/мин; 3, 4 — точки эмпирических кривых распределения сумм осадков за дождливые периоды соответственно с  $i \geq 0,010$  и  $i \geq 0,005$  мм/мин; 5 — точки изгиба аналитических кривых распределения сумм осадков за рассматриваемые периоды.

(по 1980 г. включительно). При этом использовались данные о сумме осадков за каждый дождь, времени его начала и конца, продолжительности и средней интенсивности.

Для каждой станции определялся хронологический ряд дождливых периодов, фиксировались их номера по порядку, суммы осадков, число включаемых дождей, общая продолжительность каждого, среднее значение интенсивности осадков.

Таблица 1. Характеристики кривых распределения сумм осадков за дождливые периоды

Станция	Значения параметров аналитических						
	нижнему			среднему			
	$\bar{s}_{2,5}$	$\alpha'$	$k'$	$h''$ , мм	$\bar{s}''$	$\alpha''$	$k''$
Верхнедвинск	25,70	17,70	1,34	23,60	1,92	51,00	1,01
Витебск	22,50	24,60	1,48	—	—	—	—
Горки	22,30	17,30	1,23	6,40	11,10	78,40	1,10
Минск	22,80	27,00	1,50	—	—	—	—
Гродно	19,17	21,33	1,33	16,00	3,83	32,29	0,95
Новогрудок	22,28	18,25	1,09	18,50	3,96	67,67	1,15
Костюковичи	18,35	21,25	1,33	25,20	1,78	44,50	1,09
Бобруйск	19,19	25,72	1,34	27,00	2,42	67,00	0,95
Пружаны	20,70	21,51	1,33	16,00	4,30	54,36	1,09
Василевичи	19,90	20,67	1,29	16,00	3,76	48,35	1,22
Пинск	21,70	15,90	1,14	13,40	5,00	36,10	0,96
Брест	20,15	20,57	1,25	16,00	4,04	49,03	0,95

Таблица 2. Координаты аналитических кривых распределения сумм осадков за дождливые периоды

Станция	Наибольшие из наблюдаемых значений $h$ , мм	Ожидаемые значения слоя осадков (мм)					
		100	50	25	20	10	5
Верхнедвинск	104,3	141,3	125,5	109,8	104,8	89,2	73,7
Витебск	(182,6)	150,6	131,3	112,9	107,2	90,0	73,9
Горки	(141,4)	114,0	104,3	93,1	90,8	79,9	68,2
Минск	(261,4)	168,9	147,0	126,2	119,7	100,4	82,2
Гродно	115,9	169,5	150,8	131,8	125,6	106,0	85,7
Новогрудок	158,4	221,6	194,7	168,4	160,1	134,5	109,8
Костюковичи	116,8	132,6	117,1	101,8	96,9	82,0	67,3
Бобруйск	(253,5)	180,5	162,0	143,3	137,2	118,4	99,3
Пружаны	153,5	166,1	154,0	141,0	136,6	122,1	105,5
Василевичи	177,6	184,9	165,9	146,2	139,8	119,1	97,2
Пинск	119,7	184,7	156,9	130,1	121,9	97,2	74,5
Брест	183,9	245,7	217,0	187,8	178,3	148,1	116,9

Далее хронологический ряд преобразовывался в убывающий. Устанавливались для членов ряда номера по порядку; для каждого из них определялся период однократного превышения  $p = n/S$  лет, где  $n$  — число лет наблюдений;  $s$  — число дождливых периодов с суммами осадков, большими или равными  $h$  (сумме осадков за дождливый период заданного однократного превышения  $p$ ).

Строился график эмпирического распределения в координатах ( $p$ ;  $h$ ). Для удобства пользования графики строились в полулогарифмических координатах: по оси  $p$  — по логарифмической, а по оси  $h$  — по равномерной шкалам.

кривых по участкам				Значения критерия согласия аналитических и эмпирических кривых	Значения отклонений ординат аналитических и эмпирических кривых, %				
верхнему					$\Sigma d^2/E$	t	максимальные		средне-квадратические
$h''$ , мм	$\bar{s}'''$	$\alpha'''$	$k'''$				+	-	
—	—	—	—	7,03	15	8,27	7,22	±4,46	
—	—	—	—	15,20	14	14,10	10,30	±7,16	
39,1	0,73	45,8	0,79	8,56	15	9,82	15,00	±5,35	
—	—	—	—	12,50	14	8,78	9,64	±5,45	
38,2	0,83	73,27	0,90	6,67	13	3,10	10,50	±3,74	
—	—	—	—	8,59	14	17,19	9,93	±7,30	
—	—	—	—	14,58	13	16,80	5,37	±6,63	
—	—	—	—	10,07	14	8,00	14,20	±7,80	
69,2	0,52	66,75	0,69	8,42	14	7,64	8,24	±4,20	
51,5	0,66	80,32	0,85	6,00	14	18,00	6,27	±6,12	
45,2	0,63	68,30	1,22	3,18	14	4,50	12,80	±5,20	
56,7	0,65	110	0,91	6,25	14	9,84	4,30	±3,93	

с периодом однократного превышения $p$ , (лет)								$p$ для члена $h = 2,5$ мм, лет
3	2	1	0,50	0,33	0,20	0,10	0,05	
62,3	53,3	37,9	23,8	18,5	13,7	7,9	3,4	0,039
62,8	54,4	41,0	29,0	22,5	15,6	7,7	2,8	0,044
58,7	50,2	35,2	26,2	21,0	15,0	7,3	2,9	0,045
69,7	60,2	45,2	31,8	24,6	16,9	8,3	2,9	0,044
70,0	56,9	35,3	25,7	19,7	12,9	6,5		0,052
92,0	78,3	55,9	35,2	24,2	13,9	8,2	3,1	0,045
56,7	48,5	35,1	22,7	17,8	12,4	6,1		0,055
85,1	73,7	53,9	33,3	21,6	15,0	7,3	2,5	0,052
90,5	73,0	49,0	32,3	22,9	13,8	7,1	2,6	0,048
79,8	64,5	40,6	26,0	18,7	13,2	6,9	2,5	0,050
59,5	49,4	39,0	28,3	21,7	13,4	7,1	2,8	0,046
92,8	72,3	46,5	31,9	22,8	13,5	7,1	2,5	0,050

Пользуясь данными эмпирического распределения (табл. 1), включающего все значения сумм осадков  $h$  за все дождливые периоды всех лет наблюдений, мы выбрали ограниченное число представительных значений  $h$  таким образом, чтобы они изменялись примерно через 1 мм. В области больших значений в новую выборку вошли практически все члены исходного ряда, ибо здесь расхождения между значениями соседних членов выше 1 мм. В области средних и особенно малых значений  $h$  в новый ряд попадает относительно меньшее число членов (обычно из 550—700 всего 50—60).

Затем визуально оценивалась возможность сглаживания эмпирического распределения с помощью единой или составной аналитической кривой. Для

второго случая устанавливались точки излома, делящие распределение на участки. Визуально и аналитически (по критерию Диксона) проверялась степень однородности максимальных членов ряда. Методами спрямления и наименьших квадратов по точкам представительной выборки определялись параметры единой и участков составной аналитических кривых распределения. Затем проверялась их приемлемость по критерию  $\chi^2$ , устанавливались максимальные и среднеквадратические отклонения между ординатами и принятой аналитической кривой распределения. (В качестве расчетной принималась аналитическая кривая, лучше согласующаяся с эмпирической.)

Следует отметить, что распределения сумм осадков за дождливые периоды должны быть аналогичны ранее рассмотренным распределениям сумм осадков за отдельные дожди [5]. И в том и в другом случае анализируются суммы осадков различной продолжительности за определенные отрезки времени. Это предположение (см. рис. 1) подтвердилось. Для описания распределений сумм осадков за дождливые периоды может быть принято то же уравнение, что и для сумм осадков за отдельные дожди [3]:

$$h = h_{\text{мин}} + \alpha (\lg p + \lg \bar{s})^k, * \quad (1)$$

где  $h_{\text{мин}}$ ,  $\bar{s}$ ,  $\alpha$ ,  $k$  — параметры.

Параметры  $h_{\text{мин}}$  — значение последнего члена в убывающем ряду сумм осадков (2,5 мм для единых кривых и соответствующие значения — для участков составных кривых) и  $\bar{s}$  — среднегодовое число дождливых периодов с суммой осадков  $h \geq h_{\text{мин}}$  устанавливаются на основе исходной информации. При этом и для составных кривых учитываются все члены убывающего ряда, находящиеся в пределах не только данного, но и предыдущих участков.

В табл. 1 и 2 приведены параметры и координаты аналитических кривых распределения сумм осадков за дождливые периоды. Рассматриваемые распределения описываются едиными или составными кривыми; причем последние заключают два или три участка. Степень согласования аналитических и эмпирических кривых удовлетворительная.

На отдельных станциях максимальные значения сумм осадков за дождливые периоды настолько велики (в табл. 2 приведены в скобках), что, по критерию Диксона, были призваны неоднородными с остальными членами рядов и исключены из них при определении параметров распределений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Временные рекомендации по предотвращению загрязнения вод поверхностным стоком с городской территории (дождевыми, талыми, поливочно-моечными водами). — М., 1975. — 38 с.
2. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. — М., 1983. — 48 с.
3. М о л о к о в М.В., Ш и ф р и н В.Н. Очистка поверхностного стока с территории города и промышленных площадок. — М., 1977. — 104 с.
4. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки

\*Обоснование выражения (1) и методика определения его параметров подробно изложены в литературе [5].

поверхностных сточных вод. СН 496-77. — М., 1978. — 40 с. 5. Г а т и л л о П.Д., О д и н е ц А.Н. Распределение периодов однократного превышения сумм осадков за дождь на территории Белоруссии. — В кн.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1984, вып. 13, с. 25—34.

УДК 628.143.001.2

В.П.СТАРИНСКИЙ, канд. техн. наук (БПИ)

## ОБ УТОЧНЕНИИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ УСЛУГ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Системы водоснабжения являются крупнейшими потребителями электроэнергии. Стоимость услуг энергообеспечения этих систем относится к важнейшим показателям, определяющим расчетные параметры их основных элементов. Это обстоятельство заставляет постоянно совершенствовать и уточнять методики определения стоимости указанных услуг. Необходимость такой работы диктуется введением в 1982 г. новых тарифов на электроэнергию, некоторыми изменениями в условиях оплаты услуг энергообеспечения, а также постоянно растущими требованиями к повышению достоверности стоимости этих услуг. Согласно новому прейскуранту на электроэнергию [1], оплата услуг энергообеспечения осуществляется по одно- или двухставочному тарифу в зависимости от присоединенной к энергосистеме мощности энергопотребителей. При этом в качестве энергопотребителей системы водоснабжения выступает каждая насосная станция системы в отдельности или связанный с нею и питаемый от одной тарифной трансформаторной подстанции комплекс энергопотребляющих водопроводных сооружений. Их присоединенную к энергосистеме мощность (при условии, что для привода разнотипных насосов и другого оборудования могут использоваться одновременно низковольтные и высоковольтные электродвигатели) можно определить по формуле

$$P = \frac{K_{с.п} K_{т,р} \sum_{i=1}^{n_1} P_i}{\eta_{т,р} \cos \varphi} + \frac{\sum_{j=1}^{n_2} P_j}{\cos \varphi} ,$$

где  $K_{с.п}$  — коэффициент, учитывающий нагрузку сопутствующих потребителей (освещение, привод вспомогательного оборудования и т.п.) и принимаемый равным 1,05—1,08;  $K_{т,р}$  — коэффициент (1,5), учитывающий трансформаторный резерв;  $\eta_{т,р}$  — КПД трансформатора (0,97);  $\sum_{i=1}^{n_1} P_i$  — суммарная

мощность низковольтных двигателей у рабочих агрегатов станции или водопроводного комплекса;  $\sum_{j=1}^{n_2} P_j$  — суммарная мощность электродвигателей