

УДК 631.432.4

*О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко***НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ВОДНОГО БАЛАНСА  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ\***

Изложены основные принципы расчета перехвата осадков растительностью в условиях города. Выявлены особенности влияния этого процесса на водный баланс урбанизированных территорий.

*Ключевые слова:* водный баланс, перехват осадков растительностью, индекс листовой поверхности.

При изучении водного баланса урбанизированных территорий необходимо учитывать влияние древесной и травянистой растительности на перераспределение осадков и, как следствие, уменьшение поступления влаги в почву и снижение интенсивности эвапотранспирации [6].

По оценкам разных авторов, процент перехвата осадков листовой поверхностью деревьев и травянистой растительностью может достигать 5 ... 30, а в ряде случаев 60 [1, 2, 5]. Таким образом, надо оценивать не все количество осадков, а лишь «эффективные», которые достигли почвенного профиля и могут быть использованы растениями.

Для расчета перехвата необходимо определить: общее количество осадков, площадь участка, площадь проекций крон деревьев на нем, индекс листовой поверхности, проективное покрытие травянистой растительностью и ряд других параметров.

С использованием подходов, предложенных A.R. Aston и D.L. Spittlehouse, T.A. Black [3, 7], получено регрессионное уравнение для оценки перехвата осадков деревьями:

$$I_{trees} = P[1 - (0,0063 LAI_{trees}^2 - 0,1525 LAI_{trees} + 1,3039)], R^2 = 0,97,$$

где  $I_{trees}$  – перехват осадков деревьями, мм;

$P$  – общее количество осадков, мм;

$LAI_{trees}$  – индекс листовой поверхности деревьев, ед.

Таблица 1

**Значения показателей, необходимых для расчета  
перехвата осадков растительностью**

Показатели	Значения показателей по периодам					
	15.04.04- 15.05.04	16.05.04- 14.06.04	15.06.04- 16.07.04	17.07.04- 16.08.04	17.08.04- 14.09.04	15.09.04- 15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11						
$S_{area}, м^2$	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0
$\Sigma S_{crown}, м^2$	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7

\* Работа выполнена по международному проекту № 047.014.014.

$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
$LAI_{trees}$ , ед.	1,85	2,70	3,52	4,17	3,21	1,80
$LAI_{grass}$ , ед.	0,54	0,74	0,81	0,82	1,11	0,86
$b_{grass}$ , ед.	0,237	0,309	0,333	0,336	0,426	0,349
Пр. Сахарова						
Аллея деревьев 2-4; 6-10						
$S_{area}$ , м <sup>2</sup>	619,0	619,0	619,0	619,0	619,0	619,0
$\Sigma S_{crown}$ , м <sup>2</sup>	347,8	347,8	347,8	347,8	347,8	347,8
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
$LAI_{trees}$ , ед.	4,25	5,45	5,94	6,06	5,52	4,24
$LAI_{grass}$ , ед.	1,10	1,19	1,24	1,30	1,25	0,81
$b_{grass}$ , ед.	0,423	0,448	0,462	0,478	0,465	0,333
Аллея деревьев 1-7 (I-III)						
$S_{area}$ , м <sup>2</sup>	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0
$\Sigma S_{crown}$ , м <sup>2</sup>	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7	109,7
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
$LAI_{trees}$ , ед.	3,18	4,04	4,49	4,36	3,88	2,68
$LAI_{grass}$ , ед.	1,17	1,02	1,03	1,14	1,17	0,74
$b_{grass}$ , ед.	0,443	0,400	0,402	0,434	0,443	0,309
Сокольники (ул. Стромынка)						
Аллея деревьев 1*-10*						
$S_{area}$ , м <sup>2</sup>	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0	288,0
$\Sigma S_{crown}$ , м <sup>2</sup>	82,3	82,3	82,3	82,3	82,3	82,3
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
$LAI_{trees}$ , ед.	4,86	5,56	6,05	6,03	5,64	4,68
$LAI_{grass}$ , ед.	1,31	1,16	1,01	1,00	1,15	1,14
$b_{grass}$ , ед.	0,481	0,440	0,396	0,393	0,437	0,434
Группа деревьев 1-4						
$S_{area}$ , м <sup>2</sup>	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0	115,0
$\Sigma S_{crown}$ , м <sup>2</sup>	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2
$\Sigma S_{crown}/S_{area}$	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
$LAI_{trees}$ , ед.	5,12	6,32	7,11	6,54	5,77	4,20
$LAI_{grass}$ , ед.	4,81	2,22	1,00	2,59	0,55	0,81
$b_{grass}$ , ед.	0,910	0,670	0,393	0,726	0,240	0,333

Эта формула адекватно оценивает перехват осадков деревьями при условии, что их ежедневное количество не превышает 10 ... 12 мм и  $LAI > 2,5$ . Расчет проводили для каждого дня с осадками, затем полученные данные суммировали по периодам. Дни с количеством осадков более 10 ... 12 мм исключали из расчетов.

Кроме перехвата осадков деревьями, необходимо учесть влияние травянистой растительности. При этом следует рассчитать перехват на участках вне крон деревьев (только травой) и под кронами (комбинация деревьев и травы). Для этого использовали формулу Von Hoyningen-Huene и Braden [4]:

$$I_{grass} = a LAI_{grass} \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{bP}{aLAI_{grass}}} \right),$$

где  $I_{grass}$  – перехват осадков травой, мм;  
 $a$  – эмпирический коэффициент,  $a = 0,25$  мм;  
 $b$  – проективное покрытие травой, ед.;  
 $LAI_{grass}$  – индекс листовой поверхности травы, ед.

Для расчета перехвата осадков деревьями и травой использовали формулу

$$I_{comb} = \frac{\sum S_{crown}}{S_{area}} I_{trees} + \left( 1 - \frac{\sum S_{crown}}{S_{area}} \right) I_{grass},$$

где  $I_{comb}$  – перехват осадков деревьями и травой, мм;  
 $\sum S_{crown}$  – сумма площадей проекций крон, м<sup>2</sup>;  
 $S_{area}$  – площадь участка, м<sup>2</sup>.

Необходимые для расчета показатели (табл. 1) определяли на участках с древесной и травянистой растительностью в г. Москве по периодам вегетации 2004 г. Общее количество осадков в эти периоды и значения перехвата осадков растительностью представлены в табл. 2–4.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что перехват осадков растительностью в условиях города может составлять 2 ... 35 % в зависимости от периода вегетации, развития листовой поверхности, состояния

Таблица 2

**Общее количество осадков по периодам вегетации**

Период	Количество осадков, мм	Период	Количество осадков, мм
15.04.04-15.05.04	33,2	17.07.04-16.08.04	109,0
16.05.04-14.06.04	48,3	17.08.04-14.09.04	68,2
15.06.04-16.07.04	244,0	15.09.04-15.10.04	35,9

Таблица 3

**Значения перехвата осадков растительностью**

Показатели	Перехват осадков по периодам, мм					
	15.04.04-15.05.04	16.05.04-14.06.04	15.06.04-16.07.04	17.07.04-16.08.04	17.08.04-14.09.04	15.09.04-15.10.04
Ул. Хабаровская аллея деревьев 1-11						
$I_{trees}$	-	0,63	7,93	5,09	1,73	-
$I_{grass}$	0,69	1,29	2,22	1,16	1,39	1,53
$I_{comb}$	0,69	1,92	10,16	6,25	3,12	1,53

Пр. Сахарова						
Аллея деревьев 2-4; 6-10						
$I_{trees}$	4,28	9,20	51,88	23,74	13,21	4,61
$I_{grass}$	0,90	1,44	2,13	1,17	0,90	0,62
$I_{comb}$	5,19	10,64	54,01	24,91	14,11	5,23
Аллея деревьев 1-7 (I-III)						
$I_{trees}$	1,52	3,94	24,15	10,26	5,13	0,83
$I_{grass}$	1,36	1,61	2,34	1,38	1,15	0,75
$I_{comb}$	2,88	5,55	26,49	11,64	6,28	1,58
Сокольники (ул. Стромынка)						
Аллея деревьев 1*-10*						
$I_{trees}$	2,78	4,89	27,46	12,22	7,04	2,83
$I_{grass}$	1,85	2,24	2,66	1,36	1,31	1,59
$I_{comb}$	4,63	7,13	30,12	13,58	8,35	4,42
Группа деревьев 1-4						
$I_{trees}$	5,38	10,25	58,61	24,03	12,99	4,21
$I_{grass}$	6,11	3,49	1,78	2,86	0,31	0,67
$I_{comb}$	11,49	13,75	60,38	26,89	13,30	4,88

Примечание. Когда  $LAI_{trees} < 2,5$ , осадки перехватываются только травой,  $I_{comb} \sim I_{grass}$ .

Таблица 4

## Доля перехвата осадков растительностью от общего количества осадков

Объект	Процент перехвата осадков по периодам					
	15.04.04-15.05.04	16.05.04-14.06.04	15.06.04-16.07.04	17.07.04-16.08.04	17.08.04-14.09.04	15.09.04-15.10.04
Ул. Хабаровская, аллея деревьев 1-11	2,1	4,0	4,2	5,7	4,6	4,3
Пр. Сахарова: аллея деревьев 2-4; 6-10	15,6	22,0	22,1	22,9	20,7	14,6
аллея деревьев 1-7 (I-III)	8,7	11,5	10,9	10,7	9,2	4,4
Сокольники (ул. Стромынка): аллея деревьев 1*-10*	13,9	14,8	12,3	12,5	12,2	12,3
группа деревьев 1-4	34,6	28,5	24,7	24,7	19,5	13,6

растительности и почв, интенсивности осадков и других климатических параметров. В ряде случаев перехват настолько значителен, что сказывается на других статьях водного баланса. Например, уменьшение содержания влаги в почве приводит к снижению интенсивности транспирации, растения начинают испытывать водный стресс, возрастает конкуренция за воду и питательные элементы между древесной и травянистой растительностью. В этом случае необходимо принимать меры по улучшению водного режима почв урбанизированных территорий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молчанов, А.А. Гидрологическая роль леса [Текст] / А.А. Молчанов. – М.: АН СССР, 1960. – 487 с.
2. Роде, А.А. Почвоведение [Текст] / А.А. Роде. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 522 с.
3. Aston, A.R. Rainfall interception by eight small trees [Text] / A.R. Aston // Division of Plant Industry. – Canberra: CSIRO, 1979. – P. 383–395.
4. Feddes, R.A. Soil Physics and Agrohydrology [Text] / R.A. Feddes, J.C. Dam van, J.P.M. Witte // Lecture Notes, Chair Soil Physics, Agrohydrology and Groundwater Management. – Wageningen, The Netherlands: Wageningen University, 2003. – P. 9–11
5. Landsberg, J.J. Physiological ecology of forest production [Text] / J.J. Landsberg. – London: Academic press, 1986. – P. 133–164.
6. McNaughton, K. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation [Text] / K. McNaughton, P.G. Jarvis; ed. T.T. Koslowski. // Water deficits and plant growth. – New York: Academic press, 1983. – Vol. 7. – P. 1–47.
7. Spittlehouse, D.L. A growing season water balance model used to partition water use between trees and understorey [Text] / D.L. Spittlehouse, T.A. Black // Proceedings of the Canadian Hydrology Symposium. Associate Committee on Hydrology. – Ottawa: National Research Council of Canada, 1982. – P. 195–214.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 01.10.07

*O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko*

### **Some Aspects of Water Balance Estimation in Urbanized Territories**

The main calculation principles of precipitation capture by vegetation in the municipal conditions are stated. Peculiarities of this process influence on the water balance of the urbanized territories are revealed.

---