

Тема 1. Водный режим и водный баланс почвы

Практическая работа №1. Расчет водного режима почвы на участке и определение вида необходимой гидромелиорации

Цель работы – освоить методику расчета водного баланса мелиорируемой почвы и установить вид необходимой гидромелиорации на участке.

Расчет водного баланса почвы представляет количественную характеристику ее водного режима и поэтому выполняется на начальном этапе проектирования гидромелиоративной системы.

Водобалансовые расчеты выполняются как при проектировании, так и при эксплуатации гидромелиоративных систем. При этом они имеют разные задачи.

Наиболее упрощенные расчеты (для вегетационного периода в целом) допускается выполнять с использованием данных типовых лет, характеризующихся различной обеспеченностью климатических показателей (осадков, дефицита влажности воздуха и т.п.).

Для более обоснованного проектирования мелиоративной системы необходима оценка внутрисезонной динамики влагозапасов почвы на основе детальных декадных расчетов водного баланса.

С целью овладения алгоритмом данного метода выполняется расчет водного баланса почвы на примере только одного года. Для примера выбирается характерный календарный год с наличием как дождливых, так и засушливых декад вегетационного периода.

Основу декадных расчетов составляет *системный* водный баланс мелиорируемой почвы и требуемой сезонной динамики уровня грунтовых вод (УГВ) в виде двух уравнений:

$$\begin{cases} W_k^i = W_n^i + P^i - E^i + V_r^i; \\ H_k^i = H_n^i - \Delta H_{c(v)}^i - n_d q, \end{cases} \quad (1.1)$$

где W_k^i, W_n^i – влагозапасы почвы на конец и начало i -й декады, мм;
 P^i – атмосферные осадки, выпавшие в течение i -й декады, мм;
 E^i – декадное водопотребление культуры, мм;
 V_r^i – подпитывание расчетного слоя почвы от УГВ, мм;
 H_k^i, H_n^i – расчетный УГВ соответственно на конец и начало i -й декады, м;
 $\Delta H_{c(v)}^i$ – изменение уровня грунтовых вод, вызванное почвенным стоком (C_n) или подпитыванием расчетного слоя (V_r), м;

q – естественный приток или отток ($-q$) грунтовых вод, м/сут.
 n_d – число суток в декаде.

Расчеты выполняются в табличной форме (пример в табл. 1.2), их результаты представляются в виде графиков (рис. 1.1).

Порядок расчетов следующий.

1. Согласно исходным данным задания принимается вариант расчета (метеостанция, почва, культура, соответствующие метеоданные и коэффициенты).

2. Водопотребление культуры ($E^i_{, мм}$) рассчитывается по формуле

$$E = 1,35nK_bK_бd^{0.5} \quad (1.2)$$

где n – число суток в декаде;

K_b – коэффициент влагообмена ($K_b = 0,85-0,90$);

$K_б$ – биоклиматический коэффициент культуры (приложение 6);

d_i – среднесуточный дефицит влажности воздуха расчетной декады, мб. ($d_i = \Sigma d_i / n$).

Декадные значения P^i и Σd_i для расчетного (реального года) принимаются по данным задания, либо приложений 7,8.

3. Определяются верхняя и нижняя границы регулирования влагозапасов расчетного слоя почвы ($W_{нв}$, мм; $W_{нп}$, мм) и безопасного диапазона уровня грунтовых вод ($H_{мин}$, м; $H_{макс}$, м).

Верхняя граница регулирования влагозапасов соответствует наименьшей влагоемкости почвы и рассчитывается по формуле

$$W_{нв} = 0,1A h \beta_{нв}^A, \quad (1.3)$$

где A – пористость почвы, % объема;

h – глубина расчетного слоя почвы, м;

$\beta_{нв}^A$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, % от A .

Величины A , h , $\beta_{нв}^A$, а также нижняя граница $W_{нп}$, выраженная в процентах от $W_{нв}$, заданы в исходных данных.

Верхняя граница безопасного диапазона УГВ ($H_{мин}$, м) принимается по расчетным декадам согласно приложению. Нижняя граница ($H_{макс}$, м) принимается глубже верхней на величину допустимого диапазона регулирования УГВ ΔH , приведенного в задании на проектирование.

4. На начало первой расчетной декады принимается условие:

$W_n^1 = W_{нв}$; $H_n^1 = H_{мин}$.

Значения W_n^{i+1} и H_n^{i+1} на начало последующих декад определяются по изложенному ниже алгоритму.

Т а б л и ц а 1.2. Расчет водного баланса мелиорируемой легкосуглинистой почвы по метеостанции Барановичи

Показатели	Месяцы и декады																Σ
	апрель			май			июнь			июль			август			сен.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P, мм	16	2	11	9	4	0	6	32	57	49	38	12	9	35	41	5	322
d, мб	2,7	6,9	6,0	6,8	5,3	6,9	9,4	6,5	5,6	6,0	5,1	7,3	9,1	6,6	5,2	5,9	
K _б	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,68	0,80	0,89	1,05	1,20	1,26	1,16	1,01	0,83	0,59	0,50	
E, мм	10	16	15	16	14	24	30	28	30	36	35	42	37	26	18	15	392
W _н ⁱ , мм	120	120	115	116	112	104	90	90	112	120	120	120	100	90	112	120	
H _н ⁱ , м	0,50	0,60	0,82	0,96	1,06	1,13	0,71	0,39	0,90	0,90	0,90	0,90	1,14	0,64	0,93	0,90	
W _{ак} ⁱ , мм	-6	14	9	11	18	40	54	26	-19	-13	-3	30	48	21	-15	10	
V _{max} ⁱ , мм	7	9	5	3	2	3	13	22	8	9	9	10	4	13	4	4	
V _г ⁱ , мм	0	9	5	3	2	3	13	22	0	0	0	10	4	13	0	4	88
W _к ⁱ , мм	126	115	116	112	104	83	79	112	139	133	123	100	76	112	135	114	
C ⁱ , мм	6								19	13	3				15		56
m ⁱ , мм						7	11						14				32
± ΔH _г ⁱ , м	0,16	-0,22	-0,14	-0,10	-0,07	-0,10	-0,29	-0,43	0,38	0,29	0,10	-0,24	-0,12	-0,29	0,32	-0,12	
H _к ⁱ , м	0,34	0,82	0,96	1,06	1,13	1,23	1,00	0,82	0,52	0,61	0,80	1,14	1,26	0,93	0,61	1,02	
H _{min} ⁱ , м	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
H _{max} ⁱ , м	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
V ₂ ⁱ , мм						10	24						18				
H ₂ ⁱ , м						0,71	0,39						0,64				

5. Величина V_r^i определяется с учетом максимального подпитывания (V_{\max}^i , мм) и аккумулирующей емкости расчетного слоя ($W_{\text{ак}}^i$, мм), вычисляемых по формулам

$$V_{\max}^i = E^i \left(1 - \frac{H_n^i - 0,5h}{H_0} \right)^2; \quad (1.4)$$

$$W_{\text{ак}}^i = W_{\text{нв}} - W_n^i - P^i + E^i, \quad (1.5)$$

где H_0 – уровень грунтовых вод, при котором подпитка расчетного слоя h прекращается, m (исходные данные).

Значение V_r^i принимается следующим образом:

$$V_r^i = \begin{cases} 0, & \text{если } W_{\text{ак}}^i \leq 0 \\ W_{\text{ак}}^i, & \text{если } 0 < W_{\text{ак}}^i \leq V_{\max}^i \\ V_{\max}^i, & \text{если } W_{\text{ак}}^i > V_{\max}^i \end{cases} \quad (1.6)$$

6. После расчета W_k^i согласно (1) осуществляется их сравнение с верхней ($W_{\text{нв}}$) и нижней ($W_{\text{нп}}$) границами регулирования и переход к влагозапасам на начало следующей декады W_n^{i+1} с учетом следующих трех случаев.

Случай «а»: $W_k^i > W_{\text{нв}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_{\text{нв}}$, а возникающий почвенный сток (C^i , мм) рассчитывается по формуле

$$C^i = W_k^i - W_{\text{нв}}. \quad (1.7)$$

Случай «б»: $W_{\text{нп}} \leq W_k^i \leq W_{\text{нв}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_k^i$.

Почвенный сток и необходимость увлажнения отсутствуют.

Случай «в»: $W_k^i < W_{\text{нп}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_k^i + m^i = W_{\text{нп}}$. То есть в этом случае необходимо увлажнение расчетного слоя почвы нормой

$$m_{\text{нп}}^i = W_{\text{нп}} - W_k^i. \quad (1.8)$$

Контроль и регулирование УГВ выполняется следующим образом.

За счет почвенного стока (случай «а») УГВ в минеральных и торфяных почвах повышается соответственно на следующие значения:

$$\Delta H_c^i = 0,049 C_i^{0,750} K_{\text{ф}}^{-0,375}, \quad (2.9)$$

$$\Delta H_c^i = 0,066 C_i^{0,571} K_{\text{ф}}^{-0,214}. \quad (2.10)$$

где $K_{\text{ф}}$ – средневзвешенный коэффициент фильтрации расчетного слоя почвогрунта, вычисляемый по формуле (3.5), м/сут.

Остальные обозначения прежние.

За счет подпитывания расчетного слоя (случаи «б» и «в») происходит понижение (сработка) УГВ. В этих случаях значение ΔH_v^i рассчитывается также по формулам (1.9) и (1.10), но с обратным знаком. Поэтому во втором уравнении (2.1) ΔH_c^i вычитается, а ΔH_v^i прибавляется. При аномально большом количестве осадков величина ΔH_c^i может привести к отрицательному значению H_k^i в формуле (1.1), что указывает на наличие слоя поверхностного стока. Значение q , зависящее от типа водного питания участка, приведено в исходных данных.

В результате совместного воздействия величин $\Delta H_{c(v)}^i$ и p_d значение H_k^i согласно (1.1) может выходить за пределы минимальной (H_{\min}) и максимальной (H_{\max}) границ безопасного диапазона УГВ. Поэтому выполняется необходимое регулирование УГВ на начало следующей декады (H_n^{i+1}) исходя из следующих условий:

$$H_n^{i+1} = \left\{ \begin{array}{l} H_{\min}^{i+1}, \text{ если } H_k^i < H_{\min}^{i+1}; \\ H_k^i, \text{ если } H_{\min}^{i+1} \leq H_k^i \leq H_{\max}^{i+1}; \\ H_{\max}^{i+1}, \text{ если } H_k^i > H_{\max}^{i+1}. \end{array} \right\} \quad (1.11)$$

В первом условии выражения (1.11) необходимо понижение УГВ на величину $\Delta H_d^i = H_{\min}^{i+1} - H_k^i$ за счет дренажного стока, а в третьем условии – необходимо повышение УГВ $\Delta H_m = H_k^i - H_{\max}^{i+1}$ за счет водоподачи в зону аэрации.

В случае «в» для подпочвенного увлажнения в расчетной декаде необходимо поддержание более высокого уровня грунтовых вод H_2^i (за счет его искусственного подъема), который обусловит большую подпитку расчетного слоя V_2^i , обеспечивающую равенство $W_k^i = W_{\text{нп}}$. Величина необходимой подпитки при этом определяется по уравнению

$$V_2^i = W_{\text{нп}} - W_n^i - P^i + E^i. \quad (1.12)$$

Для расчета требуемого при увлажнении УГВ H_2^i используется полученная на основе зависимости (1.4) формула:

$$H_2^i = H_0 \left(1 - \sqrt{\frac{V_2^i}{E^i}} \right) + 0,5h. \quad (1.13)$$

Обозначения прежние.

Таким образом, необходимое повышение УГВ в i -й декаде за счет увлажнительного шлюзования (ΔH_m) составит разницу $H_n^i - H_2^i$, а норма увлажнения расчетного слоя $m_{\text{нп}}^i$ будет обеспечена за счет увеличения подпитки на величину $\Delta V_p = V_2^i - V_r^i$. Уровень грунтовых вод на начало следующей декады определяется по условию (1.11) с использованием вместо H_k^i величины H_2^i .

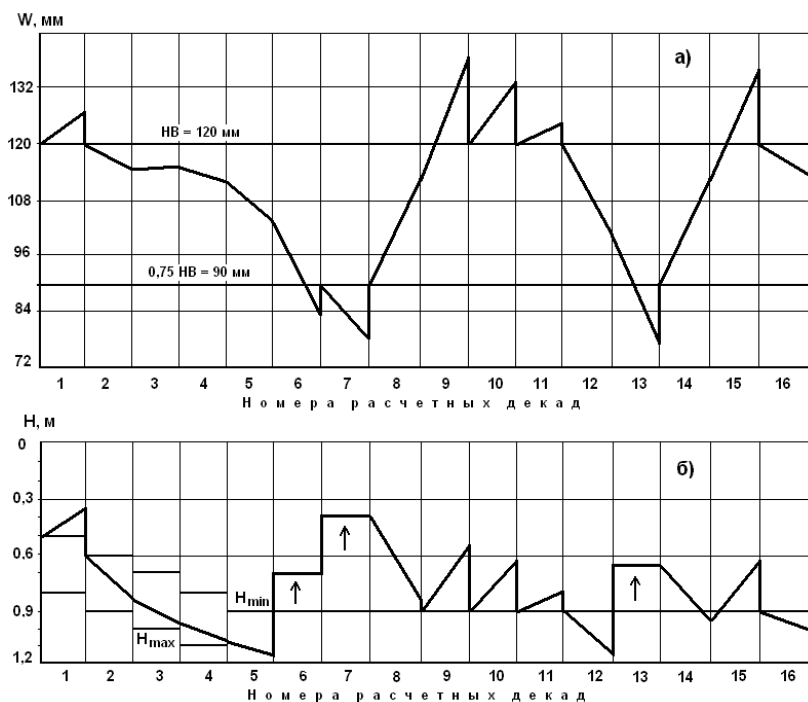


Рис. 1.1. Графики динамики влагозапасов мелиорируемой почвы (а) и уровня грунтовых вод (б) под зерновыми культурами

В приведенном примере расчетов по изложенной выше методике (табл. 1.2 и рис. 1.1) использованы следующие исходные данные: метеостанция – Барановичи; почва – суглинок легкий; использование участка – зерновые культуры; расчетный год – 2004; $K_B = 0,9$; $A = 40\%$; $h = 0,5$ м; $\beta_{hb}^A = 60\%$; $W_{hb} = 0,75W_{hb}$; $\Delta H = 0,3$ м; $H_0 = 1,3$ м; $K_f = 1,5$ м/сут.

Для контроля правильности вычислений проводится расчет суммарного водного баланса (по итогам правого столбца табл. 1.2):

$$W_{\kappa}^{(16)} = W_{\text{н}}^{(1)} + \Sigma P^i - \Sigma E^i + \Sigma V_{\Gamma}^i - \Sigma C^i + \Sigma m^i. \quad (1.14)$$

В нашем случае: $114 = 120 + 322 - 392 + 88 - 56 + 32$.

Приведенный пример расчета показывает, что на протяжении даже одного вегетационного периода, близкого по метеословиям к среднеголетнему, необходимо двустороннее регулирование водного режима почв. При компьютерных ретроспективных расчетах с учетом длительного ряда лет, включающего аномально влажные и

аномально засушливые годы, реальная потребность в осушении и увлажнении почв оказывается значительно выше.

На основании выполненных расчетов водного баланса и анализа литературы следует сделать выводы о необходимости осушительных, увлажнительных мероприятий на объекте и типе проектируемой мелиоративной системы.