

УДК 631.618
© 2011

**В.І. ДОЦЕНКО,
В.В. КОВАЛЕНКО,**
кандидати
сільськогосподарських наук,

В.В. РАКУЛЯК,
головний інженер
ТОВ “Дніпроводпроект”

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМУ ҐРУНТОВИХ ВОД У ЗАХИСНОМУ ШАРІ ҐРУНТУ ШЛАМОСХОВИЩА НА ПРИКЛАДІ БАЛКИ ЯСИНОВА М. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬК

Для захисного шару ґрунту на об'єктах зберігання відходів гірничо-металургійної промисловості (шламосховища) розраховані режими формування запасів ґрунтової вологи зони аерації і тимчасового водоносного горизонту та обґрунтовані потужність і механічний склад цього шару для виявлення оптимальних умов розвитку трав'яного покриву.

У промислових районах Дніпропетровської області накопичилося багато відходів гірничої та металургійної промисловості у вигляді відвалів і шламосховищ. Під їх дією порушилась екологічна рівновага виділених територій: відбувається підняття ґрунтових вод, підвищується їх мінералізація і забруднення токсичними речовинами, що знаходяться в товщі відкладень. Тому стоїть питання про поховання таких територій з найменшою безпекою для навколишнього середовища.

Одним із таких об'єктів є шламосховище на балці Ясинова, розташоване за 2 км східніше м. Дніпродзержинськ, на правому корінному схилі долини р. Дніпро, в південно-східній частині б. Ясинова, за 3,6 км від Карнаухівського водозабору, який подає воду для технічних потреб ВАТ “ДніпроАзот”. Навколо шламосховища склалися несприятливі екологічні умови.

Проект гідрошламовидалення в б. Ясинова для Дніпродзержинського АТЗ розроблений в 1958 році інститутом “Харківський Водоканалпроект”. 1961 року введено в експлуатацію I чергу шламонакопичувача. У 1976 р., у зв'язку зі зашламовуванням накопичувача, “Харківський Водоканалпроект” розробив II чергу будівництва шляхом реконструкції споруд I черги із забезпеченням необхідної додаткової ємкості. 1986 року шламонакопичувач виведений з експлуатації.

З квітня 1992 р. тут ведуться роботи з рекультивації території накопичувача, із закріплення насипу греблі і недопущення в р. Дніпро поверхневих вод зі шламосховища.

Проблема занадто складна, особливо з огляду на загальну характеристику відходів у шламосховищі: попіл (відходи від процесу горіння в печах енергетичних станцій – клас небезпеки IV), об'єм видалення 169 тис. т; шлам регенерації миш'яково-содового розчину (відходи виробничо-технологічного процесу), об'єм видалення 500 тис. т; фізичний стан відходів – змішаний (рідкий, твердий, шламо- і пастоподібний); газові відходи відсутні. У 2001 р. Державним управлінням екології і природних ресурсів у Дніпропетровській області визначена категорія екологічної небезпеки цього об'єкта – “Г” (надзвичайно небезпечні), рішення № 4-1296.

Така структура відходів сприяє добрій фільтрації ґрунтових вод до підземного горизонту, їх забрудненню і проникненню до систем підземного живлення і вклинювання в басейн р. Дніпро (незважаючи на нормальну роботу наявних гідротехнічних споруд у складі гідровузла: греблі зі суглинкових ґрунтів – клас капітальності II; дренажу та дренажної насосної станції, призначеної для відкачки дренажних вод назад у накопичувач продуктивністю 10 м³/год), що підтвердили натурні дослідження ТОВ “Дніпроводпроект”.

Очевидно, обмежити живлення р. Дніпро цими водами можливо лише за рахунок припинення інфільтрації атмосферних опадів у товщу відходів шламосховища. У разі подальшого поховання шламосховища для перехоплення атмосферних вод розробленими проектами рекультивациі передбачається створення захисного екрана з поліетиленової плівки, а для їх акумуляції і подальшого випаровування – ґрунтового захисного шару. Для перехоплення потоку поверхневих вод із прилеглих територій навколо шламосховища передбачається влаштування нагірного каналу.

Виходячи з передбачених захисних заходів, метою досліджень було визначення режимів формування запасів ґрунтової вологи зони аерації і тимчасового водоносного горизонту над плівковим захисним екраном та обґрунтування потужності і механічного складу захисного шару ґрунту шламосховища для виявлення оптимальних умов розвитку трав'яного покриву.

При оцінці зволоженості досліджуваної території в цілому необхідно відмітити, що за всіма показниками випаровуваність з поверхні ґрунту кількісно перевищує атмосферні опади. Але можуть спостерігатись і періоди з кількістю атмосферних опадів, більшою за випаровуваність. У таких умовах захисний шар ґрунту повинен затримати надлишок вологи і випарувати її в подальшому.

Загальний водний баланс для будь-якої території в природному стані має вигляд [1, 4]:

$$\pm \Delta W = (V_{\text{III}} - V_{\text{ВП}}) + (V_{\text{ПГ}} - V_{\text{ВГ}}) + P - E \pm V_{\text{В}}$$

де $\pm \Delta W_{\text{заг}}$ – результуюча балансу (сумарна зміна запасів вологи в межах розглянутої території); V_{III} – притік поверхневих вод; $V_{\text{ВП}}$ – відтік поверхневих вод; $V_{\text{ПГ}}$ – притік підземних (ґрунтових) вод; $V_{\text{ВГ}}$ – відтік підземних (ґрунтових) вод; P – атмосферні опади; E – сумарне випаровування (випаровування з поверхні ґрунту і транспірація, евапотранспірація); $V_{\text{В}}$ – вертикальний вологообмін балансового шару з розташованими нижче водоносними горизонтами (підживлення ґрунтових вод напірними підземними водами або перетікання ґрунтових вод вниз).

Для перехоплення потоку поверхневих

вод із прилеглих територій навколо шламосховища передбачається влаштування нагірного каналу, тому в рівнянні водного балансу можна прийняти $V_{\text{III}} = 0$. Відтоку поверхневих вод не буде ($V_{\text{ВП}} = 0$), оскільки відмітки поверхні шламосховища значно нижче прилеглої території. У природному стані відмітки поверхні регіональних ґрунтових вод знаходяться на рівні тальвегу балки, тому притік їх малоімовірний ($V_{\text{ПГ}} = 0$). Так як для запобігання перетікання ґрунтових вод, що будуть утворюватися в захисному шарі ґрунту, в розташовані нижче горизонти передбачається створення плівкового екрана – можна прийняти, що $V_{\text{ВГ}} = 0$ та $V_{\text{В}} = 0$.

Отже, спростивши рівняння (1), маємо зовсім просте рівняння водного балансу

$$\pm \Delta W_{\text{заг}} = P - E, \quad (2)$$

яке і реалізоване при розв'язанні поставлених задач.

Аналізуючи одержане рівняння, можна відмітити, що в більшості випадків у нашій кліматичній зоні випаровуваність з ґрунту перевищує атмосферні опади, тому це рівняння буде мати від'ємний баланс.

Відомо [3, 5, 6], що сумарне випаровування з поверхні ґрунту залежить від теплового режиму атмосфери і зволоженості ґрунту, і в загальному вигляді його можна визначити за комплексним методом, який використовує деякі елементи рівняння теплового балансу (основним чином у разі визначення величини максимально можливого випаровування).

Цей метод передбачає два випадки випаровування з ґрунту:

- перший – оптимально зволожений або перезволожений ґрунт, випаровування з якого дорівнює випаровуваності;
- другий – недостатньо зволожений ґрунт.

Використовуючи лінійну залежність інтенсивності випаровування з ґрунту від величини активних вологозапасів, М.І. Будико запропонував розрахункову схему [3, 5], представлену формулами (3) і (4). Для врахування транспірації С.І. Харченко [6], а потім і В.П. Остапчик [2] ввели додатковий біологічний коефіцієнт $k_{\text{б}}$, який залежить від виду рослинного покриву і фенологічної фази його розвитку.

$$E = E_0 \text{ при } \frac{W_1 + W_2}{2} \geq W_0, \quad (3)$$

з рослинним покривом $E = E_0 \cdot k_0$;

$$E = E_0 \frac{W_1 + W_2}{2W_0} \text{ при } \frac{W_1 + W_2}{2} < W_0, \quad (4)$$

з рослинним покривом $E = E_0 \frac{W_1 + W_2}{2W_0} \cdot k_0$,

де E та E_0 – сумарне випаровування і випаровуваність за розрахунковий період, мм;

$\frac{W_1 + W_2}{2}$ – середні за розрахунковий період

запаси ґрунтової вологи, мм; W_1 та W_2 – відповідно запаси вологи в ґрунті на початок і кінець розрахункового періоду, мм; W_0 – критичні вологозапаси в розрахунковому шарі ґрунту, за яких і вище яких випаровування E дорівнює випаровуваності E_0 .

Якщо провести розрахунки послідовно від декади до декади, то запаси вологи на початок декади відомі, а на кінець вони прямо залежать від величини E . Тому для попередніх розрахунків запаси в кінці розрахункового періоду визначали за формулами:

$$W_2 = c / a \text{ при } \frac{W_1 + W_2}{2} < W_0; \quad (5)$$

$$W_2 = W_1 + P - E_0 \text{ при } \frac{W_1 + W_2}{2} \geq W_0, \quad (6)$$

де $a = 1 + \frac{E_0}{2W_0}$; $c = W_1 + P$.

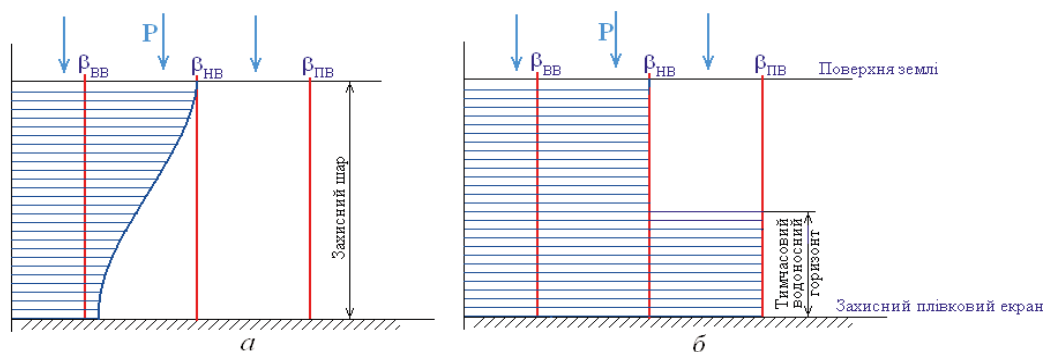


Рис. 1. Розрахункова схема накопичення ґрунтової вологи:

a – запаси вологи, менші за $НВ$; b – запаси вологи, більші за $НВ$; β_{BB} – вологість ґрунту стійкого в'янення; β_{NB} – вологість ґрунту при $НВ$; β_{PB} – вологість ґрунту при $ПВ$

За відсутності рослинного покриву приймають $k_0 = 0,9$ протягом усього періоду розрахунків, за наявності значення k_0 приймають залежно від фенологічної фази розвитку сільськогосподарської культури. При дослідженні режиму накопичення та спрацювання запасів вологи в захисному шарі ґрунту як рослинний покрив прийняті багаторічні трави.

Для визначення випаровуваності з поверхні суші за короткі проміжки часу використано метод теплового балансу [3, 5]. Для достатньо великих масивів з оптимальним зволоженням випаровуваність розраховують за формулою

$$E_0 = \frac{R_0 - P_0}{L}, \quad (7)$$

де R_0 – радіаційний баланс діяльної достатньо зволоженої поверхні; P_0 – потік тепла в достатньо зволоженому ґрунті; L – прихована теплота випаровування.

У разі відсутності спостережень за радіаційним балансом приблизні значення E_0 обчислювали за допомогою емпіричних графіків, розроблених М.І. Будико для різних геоботанічних зон за дефіцитом вологості повітря [3].

Випаровуваність для формул (3) і (4) В.П. Остапчик [2] запропонував визначити за формулою М.М. Іванова, яка і використана нами в розрахунках.

Для отримання ймовірнісних характеристик накопичування і спрацювання запасів ґрунтової вологи в захисному шарі ґрунту

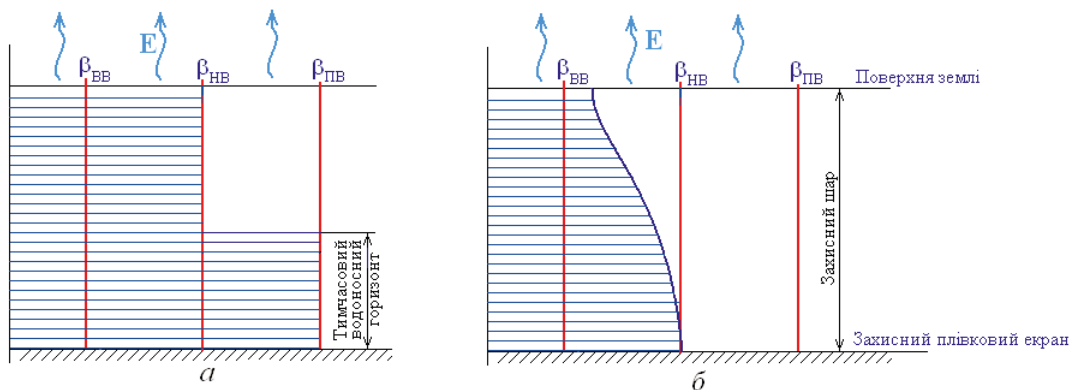


Рис. 2. Розрахункова схема витрати ґрунтової вологи:
а – запаси вологи, більші за НВ; б – запаси вологи, менші за НВ

нами проведений ретроспективний розрахунок водного балансу (2) за 45-річний період спостережень (1966–2009 рр.) з використанням метеорологічних елементів найближчої до об'єкта досліджень метеостанції Дніпропетровськ.

Запаси вологи на початку розрахункового періоду прийняті рівними найменшій вологемості (НВ). У подальшому, на наступну декаду, їх визначали балансовим методом за формулою

$$W_2 = W_1 \pm \Delta W = W_1 + P - E. \quad (8)$$

За критичні запаси вологи прийняті запаси в захисному шарі ґрунту при НВ, тобто $W_0 = W_{НВ}$. Якщо запаси вологи W_1 і W_2 були більші за критичні W_0 , то розрахунок випаровування проводили за формулою (3) з урахуванням k_0 , а якщо менше – за формулою (4).

Якщо за декаду вологозапаси збільшуються при відносно сухому ґрунті, то накопичення їх розпочинається з верхніх шарів до низу, наближуючись до НВ (рис. 1,а). Коли запаси вологи по всьому шару досягли НВ, надлишок її розпочинає створювати тимчасовий водоносний горизонт над плівковим екраном. При цьому знизу ґрунти насичуються до повної вологемості (рис. 1,б).

У разі зниження запасів вологи, коли випаровування перевищує опади, витрачається спочатку та волога, що перевищує НВ, тобто з нижніх шарів (рис. 2,а), а потім зменшення її (висихання) переважає з верхніх шарів (рис. 2,б).

Для кількісної характеристики режимів

формування запасів вологи в захисному шарі та формування тимчасового водоносного горизонту (рівень ґрунтових вод над захисним екраном) на кінець розрахункової декади використали формулу

$$h_{РГВ} = \frac{W_2 - W_{НВ}}{1000 \cdot \mu}, \quad (9)$$

де μ – коефіцієнт гідроємкості в зоні аерації (коефіцієнт водовіддачі).

За наведеною методикою розглянуто різні варіанти роботи захисного шару ґрунту:

- ♦ 2 варіанти агрофону: без рослинного покриву і з рослинним покривом (багаторічні трави);

- ♦ 4 варіанти потужності захисного шару (0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 м);

- ♦ 6 варіантів механічного складу ґрунту: глинисті, важкі, середні і легкі суглинки, супіски та піски.

Загальна кількість варіантів складала 48. Результати цих розрахунків зведені в таблицю. Кращими є результати розрахунку у варіанті з рослинним покривом.

Дані досліджень свідчать про те, що потужність розрахункового шару 0,5 та 1,0 м недостатня для створення добрих умов для сільськогосподарського використання цих земель. Тому подальший аналіз проведено при порівнянні розрахунків для шарів потужністю 1,5 та 2,0 м.

Періоди перезволоження частіше виникатимуть у менш потужному півтораметровому шарі ґрунту. Зокрема, при порівнянні

Порівняльна ймовірнісна характеристика щорічної тривалості стояння тимчасового водоносного горизонту, підтоплення і затоплення захисного шару ґрунту у варіанті з рослинним покривом (багаторічні трави)

Механічний склад захисного шару ґрунту шламосховища	Потужність захисного шару ґрунту, м,																	
	1,5 м						2,0 м											
	ймовірність перевищення тривалості ... забезпеченістю Р, %																	
	сер.	25	5	сер.	25	5	сер.	25	5	сер.	25	5	сер.	25	5			
	стояння тимчасового водоносного горизонту, дб			підтоплення захисного шару ґрунту (глибина до ґрунтових вод менше 0,4 м)			затоплення захисного шару ґрунту (стояння поверхневих вод)			стояння тимчасового водоносного горизонту, дб			підтоплення захисного шару ґрунту (глибина до ґрунтових вод менше 0,4 м)			затоплення захисного шару ґрунту (стояння поверхневих вод)		
Глинистий ґрунт	11	0	120	7	0	70	6	0	60	5	0	65	2	0	10	2	0	10
Важкий суглинок	16	0	135	6	0	70	3	0	40	7	0	75	1	0	5	0,5	0	0
Середній суглинок	20	0	140	3	0	35	2	0	20	9	0	100	-	-	-	-	-	-
Легкий суглинок	25	30	145	2,5	0	25	0,5	0	0	10	0	110	-	-	-	-	-	-
Супісок	37	80	165	0,7	0	5	-	-	-	20	0	140	-	-	-	-	-	-
Піщаний ґрунт	83	140	195	-	-	-	-	-	-	50	100	180	-	-	-	-	-	-

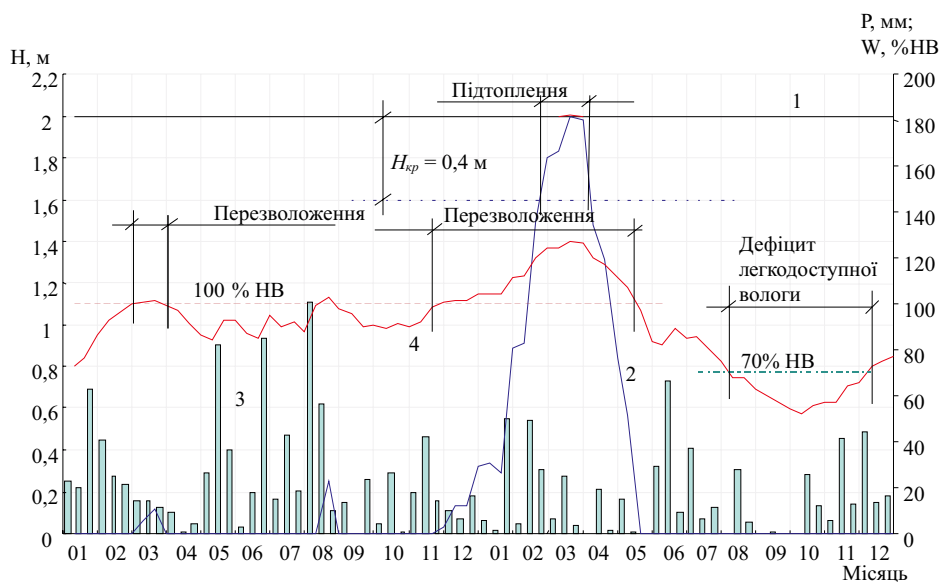


Рис. 3. Режим ґрунтових вод у захисному шарі потужністю 2,0 м середньо суглинкового механічного складу за наявності травостою (200–2005 рр.): 1 – поверхня землі; 2 – рівень ґрунтових вод; 3 – опади (P); 4 – режим волого запасів, %НВ (W)

режиму ґрунтової вологи в захисному шарі в дуже вологий дворічний період 2004–2005 рр. виявлено, що весною 2005 р. спостерігалося б затоплення півтораметрового шару на глибину до 7 см. Того ж часу в 2-метровому шарі (рис. 3) затоплення не спостерігалося б за повного водонасичення захисного шару протягом лише декади.

Проведені наукові дослідження за даною

тематикою (№ ДР 0109U008432) дозволили надати певні рекомендації щодо влаштування захисних шарів ґрунту на об'єктах зберігання відходів гірничо-металургійної промисловості, що поряд з іншими гідротехнічними заходами дозволить суттєво зменшити глибокий вплив від інфільтрації забруднених ґрунтових вод.

Висновки

1. Для помірно континентального клімату північного Степу України на об'єктах зберігання відходів гірничо-металургійної промисловості (на прикладі балки Ясинової, розташованої в межах м. Дніпродзержинськ) найбільш сприятливі умови росту і розвитку трав'яного покриття будуть у випадку, коли захисний шар шламосховищ складатиметься із середньо- та важкосуглинкових за механічним складом ґрунтів потужністю 1,5–2,0 м.

2. Вірогідність виникнення тимчасового водоносного горизонту в такому захисному шарі ґрунту коливається від 5 до 10 % за тривалості стояння від декількох

днів до півроку, що в цілому є позитивним фактором для росту та розвитку травостою.

3. Вірогідність підтоплення (підняття ґрунтових вод вище прийнятої норми осушення для ранньовесняного періоду вегетації багаторічних трав – 0,4 м) для агрофону з багаторічними травами становить 0–9 %. При цьому середня тривалість підтоплення не перевищує 7 днів, а 5%-вої забезпеченості – 70 днів (таблиця).

4. Вірогідність затоплення становить 0–5 % за середньої багаторічної тривалості 1–3 доби, а 5%-вої забезпеченості – 20–40 днів (таблиця).

Бібліографія

1. Інженерний захист сільських поселень і земель сільськогосподарського призначення від затоплення і підтоплення: посібник до СНиП 2.06.15-85 Інженерний захист територій від затоплення і підтоплення. – К. : ВАТ “Укрводпроект”, 2000. – 46 с.

2. Информационно-советующая система управления орошением / Под ред. В.П. Остапчика. – К. : Урожай, 1989. – 248 с.

3. Константинов А.Р. Методика расчета испарения с сельскохозяйственных полей / Константинов А.Р., Астахов Н.И., Левенко А.А. – Л. : Гидрометеозидат, 1971. – 126 с.

дат, 1971. – 126 с.

4. Проектування і розрахунок дренажу при регулюванні водного режиму на зрошуваних і осушених землях: посібник до ДБН В.2.4.-1-99 Меліоративні системи і споруди. – К. : ВАТ “Укрводпроект”, 2000. – 102 с.

5. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. – Л. : Гидрометеозидат, 1976. – 96 с.

6. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель / С.И. Харченко. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Л.: Гидрометеозидат, 1975. – 374 с.