

$$\begin{aligned}
& - c\sqrt{t} \exp(-2\lambda_1 c\sqrt{t}) + \operatorname{erfc}(\lambda_1 + c\sqrt{t}) \exp(2\lambda_1 c\sqrt{t})] + \\
& + \frac{q_0}{2m} \frac{t^{\alpha+1}}{\alpha+1} \sum_{i=1}^2 (-1)^{i+1} \sum_{j=1}^2 \operatorname{erf}(\beta_{ij}) + \frac{H_2 - H_1}{\pi} y_1 \int_0^{\lambda x_1} \exp \rightarrow \\
& \rightarrow \left( - \frac{\eta^2 + y_1^2}{4a^2 k_2 t} \right) \frac{d\eta}{\eta^2 + y_1^2} + \frac{H_2 c^2}{\pi} y_1 \exp(c^2 t) \int_0^t \exp \rightarrow \\
& \rightarrow (-c^2 \theta) d\theta \int_0^{\lambda x_1} \exp\left(-\frac{\eta^2 + y_1^2}{4a^2 k_2 \theta}\right) \frac{d\eta}{\eta^2 + y_1^2},
\end{aligned}$$

$$\text{где } \beta_{ij} = \frac{y_1 + (-1)^j h_i}{2a \sqrt{k_2 t}}, \quad \lambda_1 = \frac{y_1}{2a \sqrt{k_2 t}}, \quad \lambda = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}.$$

В формуле (9) содержится ряд сложных функций, для которых составлены на ЭВМ таблицы. Однако ввиду громоздкости они не помещены в данной статье.

Если в формуле (9) предположить  $c = q_0 = 0$  и  $k_1 = k_2 = k$ , то получим решение частного случая этой задачи, данное в работе [1].

#### Л и т е р а т у р а

1. Полубаринов А. Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. — М., 1952.
2. Карслоу Х. С. Теория теплопроводности. — М., 1947.
3. Тихонов А. А., Самарский А. А. Уравнения математической физики. — М., 1966.

УДК 631.6:626.86

А. У. Рудой, В. М. Макоед

#### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСУШИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДРЕНАЖА В ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ

В практике мелиорации заболоченных минеральных почв очень часто приходится иметь дело с объектами со сложной структурой почвенного покрова. Однако вопросы гидрологического действия дренажа в разных частях этой сложной естественной системы, а также влияния осушения отдельных почвенных разновидностей на водный режим всей почвенной катены изучены пока еще недостаточно. Частичное восполнение этого

пробела в условиях Припятского Полесья Белорусской ССР и является целью настоящего сообщения.

Исследования проводились на опытно-производственном участке "Молотковичи" Пинского района Брестской области в 1974–1978 гг. и охватили разные по водности годы.

Получены данные о режиме уровней грунтовых вод и дренажного стока в почвах разной степени заболоченности: 1974/75, 1976/77, 1977/78, 1975/76 гидрологических лет. Сумма годовых осадков имела обеспеченность соответственно 5, 30, 45 и 60%.

Почвенный покров объекта представлен весьма сложной структурой. Наиболее низкую центральную часть занимают торфяно-глеевые почвы (мощность торфа 0,5–0,7 м), которые по периферии переходят в торфянисто-глеевые, а затем в дерново-или дерново-подзолисто-глеевые. Повышенные элементы рельефа занимают глееватые разновидности минеральных почв.

Основными почвообразующими породами на объекте являются пески и супеси, а также торф низинного типа. Подстилающие породы повсеместно представлены песками и супесями. Коэффициент фильтрации песков составляют 0,54–13,4, супесей 0,02–0,4, торфа 2,4–8,3 м/сут.

По механическому составу минеральные почвы разной степени заболоченности мало отличаются. Содержание физической глины в верхнем слое глеевых почв (0–40 см) составляет 8,25, глееватых – 11,72%, а на глубине 90–100 см – соответственно 8,29 и 8,19%. Плотность пахотного слоя изменяется от 2,43 г/см<sup>3</sup> в глеевых до 2,48 в глееватых разновидностях минеральных почв легкого механического состава. В нижележащих горизонтах численные значения плотности на всех видах почв были примерно одинаковыми и колебались по глубине от 2,61 до 2,66 г/см<sup>3</sup>. Практически одинакова и объемная масса подпахотных горизонтов (1,68–1,72 г/см<sup>3</sup>). В пахотном слое численные значения объемной массы, измеренные в разное время, колебались от 1,0 до 1,4 г/см<sup>3</sup>.

Водное питание минеральных гидроморфных почв происходит за счет атмосферных осадков, а мелкозалежного торфяника – атмосферных осадков и притока поверхностных вод с примыкающих минеральных земель.

Как показали наблюдения, режим уровней грунтовых вод дренированных (расстояние между дренами 20 м) почв разной степени заболоченности складывался по-разному. Если в торфяно-глеевых почвах уровни продолжительное время находились в верхнем полуметровом слое почвы, то в глеевых разновидностях минеральных почв, даже в весьма влажном 1974/75 гидрологическом году, подтопление этого слоя имело место только на протяжении 12 сут, а подъем грунтовых вод в пахотный горизонт (0–25 см) не превышал 3 сут (табл. 1).

Следует заметить, что осушение мелкозалежного торфяника (торфяно-глеевые почвы) оказало существенное влияние на режим УГВ примы-

Т а б л. 1. Продолжительность стояния уровня грунтовых вод на разной глубине в зависимости от вида почв на дренаже (расстояние между дренами 20 м), сут

Гидрологический год	Почва	Вегетационный период (IV–IX, месяц)				Гидрологический период (X–IX, месяц)			
		0–25, см	0–50, см	0–100, см	0–150, см	0–25, см	0–50, см	0–100, см	0–150, см
1974/75	Дерново-глеевая	3	5	35	160	3	12	125	281
	Торфянисто-глеевая	4	9	60	169	11	50	160	290
	Торфяно-глеевая	3	33	131	183	10	101	252	304
1975/76	Дерново-глеевая	0	5	48	153	0	8	74	336
	Торфянисто-глеевая	2	6	53	153	8	14	93	353
	Торфяно-глеевая	10	22	89	183	18	39	267	336
1976/77	Дерново-глеевая	—	8	65	180	—	8	95	362
	Торфянисто-глеевая	2	9	96	183	2	14	143	365
	Торфяно-глеевая	2	22	164	183	2	38	258	365
1977/78	Дерново-глеевая	0	2	55	183	8	18	116	365
	Торфянисто-глеевая	0	4	102	183	4	32	251	365
	Торфяно-глеевая	3	8	103	183	32	55	285	365

П р и м е ч а н и е. По 1974/75 гидрологическому году приведены данные с 1 декабря 1974 г. по 30 сентября 1975 г.

кающих к нему минеральных гидроморфных почв. Например, на контрольном (недренированном) участке глееватых почв, расположенном в виде отдельного островка среди осушенных почв более высокой степени заболоченности (см. табл. 1), уровни только на 1–3 сут поднимались выше отметки 75 см от поверхности, а в слое 0–100 см находились 6–7 сут в сухие и средние годы и немногим более 20 сут в весьма влажном 1974/75 гидрологическом году. Полгода и более в этом варианте уровни находятся глубже 150 см. Поскольку для глееватых почв лимитирующим фактором развития сельскохозяйственных растений является режим УГВ поверхностных горизонтов, то, учитывая изложенное, можно предположить, что с точки зрения осушения в таких условиях применение дренажа нецелесообразно.

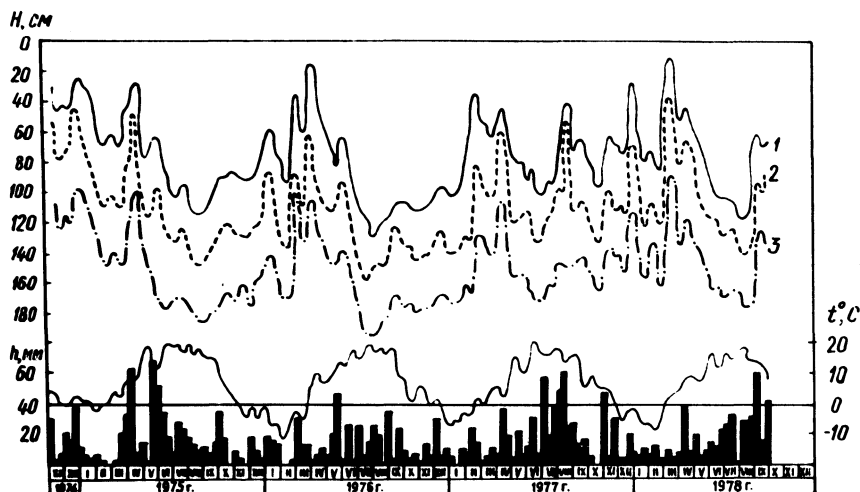


Рис. 1. График колебания среднедекадных УГВ, осадков и температуры воздуха на объекте "Молотковичи". Почвы: 1 — дренированные торфяно-глеевые ( $E = 20$  м), 2 — дренированные дерново-глеевые ( $E = 20$  м), 3 — дерново-глееватые (без дренажа), Н — глубина уровня грунтовых вод,  $h$  — осадки,  $t$  — температура воздуха.

Сезонные изменения уровней грунтовых вод (рис. 1) обусловлены метеорологическими факторами. Максимальный подъем УГВ приурочен, как правило, к весеннему периоду (март–апрель). В бездождные периоды уровни довольно интенсивно снижаются, а в невегетационный период при выпадении за декаду порядка 20–25 мм осадков наблюдается подъем УГВ на всех разновидностях почв. Причем во время зимних оттепелей в торфяно-глеевых почвах данный процесс происходит более интенсивно. Это объясняется тем, что мелкозалежный торфяник занимает самые низкие, практически безуклонные участки, на которые при наличии мерзлоты про-

Т а б л. 2. Распределение внутригодового дренажного стока

Гидрологи - ческий год	Почва	Расстоя- ния меж- ду дрена- ми, м	Слой стока, мм					Продолжительность стока, сут				
			осень	зима	весна	лето	всего	осень	зима	весна	лето	всего
1974/75	Дерново-глеевая	20	54,2	30,4	12,9	0,2	97,7	61	62	18	2	143
		30	60,8	28,5	11,4	0,3	101,1	61	62	19	2	145
	Торфяно-глеевая	20	269,8	227,8	75,8	4,6	578,0	61	90	88	9	248
1975/76	Дерново-глеевая	20	0	0	10,3	0,3	10,6	0	0	24	5	29
		30	0	0	19,2	0,2	19,4	0	0	31	6	37
	Торфяно-глеевая	20	0	0	53,2	0,5	53,7	0	0	56	4	60
		30	1,8	10,5	56,7	0,7	69,7	9	29	77	9	124
1976/77	Дерново-глеевая	20	0	1,2	20,6	4,5	26,3	0	5	44	20	69
		30	0	5,7	26,3	4,5	36,5	0	19	35	63	117
	Торфяно-глеевая	20	0	17,0	49,3	36,4	102,7	0	16	65	33	127
		30	0	19,4	59,3	21,7	100,9	0	18	75	53	146
1977/78	Дерново-глеевая	20	1,1	20,5	18,2	4,9	44,7	15	21	66	18	120
		30	2,5	43,0	30,5	1,0	77,0	25	28	66	11	130
	Торфяно-глеевая	20	5,9	35,7	118,9	4,0	164,5	37	70	79	21	207
		30	4,4	41,6	100,7	5,5	152,2	30	85	81	30	226

исходит довольно интенсивное стекание талой воды с выше расположенных минеральных гидроморфных почв.

Важным показателем гидрологического действия дренажа является сток. Формирование дренажного стока, как и уровней грунтовых вод в почвах разной степени заболоченности, происходило неодинаково. Наиболее продолжительное время работал дренаж в торфяно-глеевых почвах.

В минеральных гидроморфных почвах во влажные годы продолжительность действия дренажа в 2–3 раза меньше, чем в мелкозалежном торфянике. В сухие годы это различие еще значительнее. В связи с этим и объем стока, отводимый дренажем с минеральных почв, был в 3–5 раз меньше, чем на соответствующих вариантах мелкозалежного торфяника. Внутригодовое распределение дренажного стока весьма неравномерно (табл. 2) и находится в тесной взаимосвязи с метеорологическими условиями исследуемых лет. В весьма влажном 1974/75 гидрологическом году основной сток пришелся на осенне-зимний период, в течение которого осадки превысили норму в 1,7 раза, а зима была теплой, с дождями и без промерзания почвы. В осенний период 1975/76 гидрологического года осадков выпало меньше нормы, а зима была практически без оттепелей. Поэтому сток в этом году имел место преимущественно весной. Основная масса стока в 1976/77 и 1977/78 гидрологических годах прошла в декабре–апреле. В летнее время, за исключением влажного 1977 г., дренажный сток был незначительным как в минеральных, так и в торфяно-глеевых почвах. Во влажное лето 1977 г. сток с мелкозалежного торфяника был в 5–9 раз выше, чем с минеральных почв.

Следовательно, основной сток, отводимый дренажем с глеевых разновидностей минеральных почв, приходится на вневегетационный и начало вегетационного (апрель) периода. Уже в начале мая от гравитационной воды, как правило, освобождался слой почвы мощностью 100 см и более, способный вместить значительное количество выпадающих осадков без просачивания их до уровня грунтовых вод. Поэтому летом в таких условиях дренажный сток практически отсутствовал. В торфяно-глеевых почвах мощность аккумулярующего слоя была на 30–40 см меньше и не превышала даже в сухое лето 1976 г. 125 см, а в июне-июле 1977 г. достигала всего 99–101 см, что и обусловило после выпадения в июле-августе 264 мм осадков (норма 151 мм) сток порядка 21,7–36,4 мм. На глееватых же почвах, даже на участке без дренажа, расположенном среди осушенных более высокой степени заболоченности почв, уровни от таких осадков поднялись на 22 см и находились на расстоянии 128 см от поверхности, т.е. ниже рекомендуемой глубины закладки дрен.

В связи с изложенным следует отметить, что на мелиоративных объектах со сложной структурой почвенного покрова важно строго дифференцированно подходить к осушению почв разной степени заболоченности.

Наиболее интенсивного осушения в этом сложном естественном комплексе в условиях Полесья требуют торфяно-глеевые почвы. В глееватых почвах легкого механического состава, расположенных в виде небольших островков среди осушенных почв более высокой степени заболоченности, среднедекадные УГВ даже во время паводков не поднимались выше 90 см. Это дает основание полагать, что в таких условиях при проведении осушения можно ограничиться мероприятиями по организации поверхностного стока.

УДК 626.862

И.В. Минаев

### ПРИВЕДЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЦЕЛИ К ВИДУ, УДОБНОМУ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА

Функция цели, для расчета оптимальных параметров дренажа формируемая раскрытием формулы приведенных затрат и ущербов, обычно состоит из суммы функций-слагаемых, выражающих варианты затраты по отдельным элементам физической системы, параметры которой оптимизируются. Такую функцию цели ( $F(z_m)$ ) можно представить в виде

$$F(z_m) = \frac{A_1 f_1(z_1)}{A_2 f_2(z_2)} + A_3 f_3(z_3) + \frac{A_4 f_4(z)}{f_0(z_0)} + A_5 f_5(z_5) + \dots, \quad (1)$$

где  $A_j \in D$ ;  $z_j \geq 0$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) – многомерные векторы, координаты которых являются параметрами физической системы;  $f_0(z_0)$  – постоянная величина.

Если функция цели записывается для одного параметра ( $z$ ), решение задачи сводится к взятию производной с приравнением последней к нулю ( $\frac{dF(z)}{dz} = 0$ ). Полученное уравнение позволяет найти оптимальное значение параметра ( $z_{\text{опт}}$ ). Если же функция цели зависит от нескольких переменных (варьирующих параметров), можно применить градиентные методы, для чего необходимо взять частные производные по каждой переменной.

Рассмотрим функцию (1), выражающую удельные (на 1 га) приведенные затраты и ущербы от двух наиболее существенных переменных –  $B$  и  $h$  (расстояние между дренами и глубина их заложения), для системы "дрены-коллектор" (рис. 1). Система "дрены-коллектор" является