

городских мостов и труб. — М., 1962. — 328 с. 7. Особенности функционирования и проектирования подземного контура сетевых мелиоративных сооружений/Ю.Ф.Буртыс, П.К.Черник, Г.П.Щитников, Н.Н.Кушнир. — В кн.: Мелиорация переувлажненных земель. Минск, вып. XXX, 1982, с. 24–33. 8. Д р о з д П.А., Б у р т ы с Ю.Ф. Фильтрационная устойчивость грунтов и подбор обратных фильтров для мелиоративных сооружений. — Минск, 1967. — 52 с. 9. Ч у г а е в Р.Р. Подземный контур гидротехнических сооружений. — Л., 1974. — 240 с. 10. К о в а л е в В.П., С т а ш к е в и ч П.П., Г о р д е е в В.А. Влияние двустороннего регулирования влажности почв на урожай сельскохозяйственных культур. — В кн.: Водооборотные системы в мелиорации и пути повышения эффективности их действия. Л., 1979, с. 36–42. 11. Методические рекомендации по оценке влияния мелиоративных систем на экологические комплексы мелиорированных и прилегающих территорий. — В кн.: Проблемы Полесья. Минск, 1982, вып. 8, с. 5–75. 12. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-80). Ч. II. Кн. 4. Разд. 10. Особенности мелиорации земель и водохозяйственного строительства в бассейнах малых рек. — Минск, 1981. — 36 с.

УДК 626.86

П.И.ЗАКРЖЕВСКИЙ, канд.техн.наук  
(БелНИИМиВХ)

## РАСЧЕТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ДРЕНАЖА В ПРОНИЦАЕМОМ СЛОЕ НАД ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ВОДОУПОРОМ ПРИ НАПОРНОМ И ИНФИЛЬТРАЦИОННОМ ПИТАНИИ

Многослойная толща водоносных комплексов, у которых верхний водопроницаемый слой расположен на слабопроницаемом основании (ниже находятся межморенные пески с напорными водами), весьма часто встречается на болотах в речных долинах Белоруссии. Такие гидрогеологические условия при осушении переувлажненных территорий являются сложными, отсутствие учета напорности приводит к существенным просчетам и неэффективности работы дренажа осушительных систем [1].

Существующие способы расчета параметров дренажа при грунтово-напорном питании болот предполагают постоянство интенсивности грунтово-напорного питания между дренами. Однако на междренях формируется кривая депрессии, поэтому указанного постоянства питания грунтовых вод напорными нет. Это обстоятельство необходимо учитывать при определении расстояния между дренами (рис. 1).

Различия фильтрационных характеристик слоев водоносного комплекса определяют пути фильтрации воды по слоям: напорные воды фильтруют вертикально; инфильтрационное питание поступает на поверхность грунтовых вод сверху вниз, а в насыщенной зоне над относительным водоупором горизонтального простирания происходит продольное перемещение воды к дренам. Величина расхода грунтовых вод в любом сечении на междренях в таких условиях определяется уравнением Дарси

$$Q = -Kh \cdot dh/dx, \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации зоны грунтовых вод;  $h$  — мощность насыщенной зоны над относительным водоупором.



Зависимости (1)–(4) формулируют поставленную задачу.

Дифференцированием (2) с подстановкой (1) получаем дифференциальное уравнение одностороннего притока воды к дрене

$$\frac{d^2 Q}{dx^2} - \frac{K_B Q}{m_2 Kh} = 0. \quad (6)$$

Из решения (6) при граничных условиях (3) и (4) преобразованием получена зависимость для расстояния между дренами

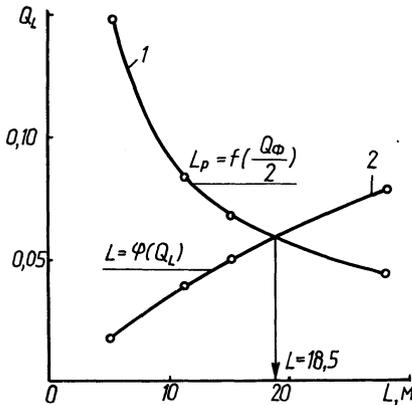
$$B = 2 \sqrt{\frac{m_2 T}{K_B} \ln \frac{Q_L + \Delta h \sqrt{\frac{TK_B}{m_2}}}{Q_L - \Delta h \sqrt{\frac{TK_B}{m_2}}}}, \quad (7)$$

где  $T$  – водопроницаемость насыщенной зоны над водоупором;  $Q_L$  – расход грунтовых вод, поступающий к дрене с одной стороны, от середины междренья, который определяется по зависимости

$$Q_L = \left[ \frac{K_B(H - h_L)}{m_2} + \varepsilon \right] \cdot \frac{(1^2 \sqrt{\delta} L + 1)}{(1^2 \sqrt{\delta} L - 1)} \sqrt{\frac{m_2 T}{K_B}}, \quad (8)$$

где  $\delta$  – параметр,  $\delta = \sqrt{\frac{K_B}{m_2 T}}$

Зависимость (7) включает взаимосвязанные величины  $Q_L$  и  $\Delta h$ . Поэтому определение расстояния между дренами проводится графоаналитически. Расчет



выполняют следующим образом. Задаются уровнями воды на линии дрена  $h_{i,L}$  и определяют соответствующие  $\Delta h_i = h|_{x=0} - h_{i,L}$ ;  $h|_{x=0}$  – уровень воды на середине междренья, соответствующий требуемой норме осушения. По принятой конструкции дрена и величинам  $h_{i,L}$  определяют дополнительное фильтрационное сопротивление для однородной зоны над водоупором (по

Рис. 2. Графоаналитическое определение расстояния между дренами:  
1 – приточность поля к дрене; 2 – водоприемная способность дрена.

А.И.Мурашко) и вычисляют водопримную способность дрена  $Q_\phi$  по формуле (5). Поскольку в формуле (7) стоит односторонний приток, то в расчет берут  $0,5Q_\phi$ . Подставив его в (7), вычисляют  $B$ . Таких расчетов делают не-

сколько и строят график  $L_i = \varphi(Q/2)$ . Затем для полученных  $L_i$  по зависимости (8) вычисляют  $Q_{L,i}$  и строят второй график  $L_i = \varphi(Q_{L,i})$  (рис. 2). Пересечение графиков определяет искомое решение.

**П р и м е р.** Определить расстояние между дренами при осушении переувлажненных земель, у которых первый водоносный слой имеет коэффициент фильтрации  $K = 1,0$  м/сут, мощность  $m_1 = 2,2$  м, мощность относительного водоупора  $5,0$  м, его коэффициент фильтрации  $K_B = 0,01$  м/сут. Пьезометрический напор находится на уровне с дневной поверхностью, инфильтрационное питание  $\mathcal{E} = 0,002$  м/сут. Дрена уложена на глубине  $1,0$  м ( $d = 0,05$  м), защищена фильтром с  $K_{\Phi} = 20$  м/сут, стыковой зазор  $= 0,002$  м. Напор в дрене  $h_{др} = 0,06$  м, норма осушения  $b = 0,5$  м.

Расчет сводим в табл. 1 и 2.

На основании данных таблиц построены графики (рис. 2). Их пересечение определяет  $L = 18,5$  м и соответствующее расстояние между дренами  $B = 2L = 37$  м, что согласуется с расчетом по методике С.Ф.Аверьянова [1]:  $B = 36,3$  м.

Полученные зависимости имеют и другой весьма важный аспект, связанный с методикой гидрогеолого-мелиоративного изучения дренированной территории.

Из формулы (7) с учетом  $L = B/2$  следует:

$$\frac{K_B}{m_2} = \frac{T}{L^2} \left( \ln \frac{Q_L + \Delta h \sqrt{\frac{TK_B}{m_2}}}{Q_L - \Delta h \sqrt{\frac{TK_B}{m_2}}} \right)^2 \quad (9)$$

Это позволяет на основе сравнительно простых наблюдений за дренажным стоком и режимом уровней грунтовых вод на середине расстояния между дренами и на линии дрены определять по формуле (9) нормированный параметр перетекания грунтово-напорных вод  $K_B/m_2$ . В этом случае можно не производить дорогостоящих и технологически сложных кустовых откачек. Однако при проведении гидрогеолого-мелиоративных наблюдений на территориях с дренажем необходимо вести наблюдения не только за режимом грунтовых вод, но и за дренажным стоком в одни и те же периоды.

Т а б л и ц а 1

Расчет  $L$  по водоприемной способности дрены

$h_L$	$L_{нд}$	$H-h_L$	$Q_2/2$	$\Delta h$	$T$	$\sqrt{\frac{TK_B}{m_2}}$	$L$
1,330	1,070	0,870	0,0435	0,370	1,515	0,0550	27,81
1,372	1,129	0,828	0,0680	0,328	1,536	0,0554	15,08
1,400	1,172	0,800	0,0836	0,300	1,550	0,0557	11,26
1,472	1,293	0,728	0,1560	0,228	1,586	0,0563	4,94

Расчет притока  $Q_L$  к дрене по значениям  $L$ 

$L$	$\sqrt{\delta}$	$2\sqrt{\delta} L$	$l^2\sqrt{\delta} L$	$Q_L$
27,81	0,0363	2,02	7,54	0,0785
15,08	0,0361	1,09	2,97	0,0503
11,26	0,0359	0,81	2,24	0,0384
4,94	0,0355	0,35	1,42	0,0173

## ЛИТЕРАТУРА

1. А в е р ь я н о в С.Ф. О расчете осушительного действия горизонтального дренажа в условиях напорного питания. — В кн.: Научные записки МИИВХ. М., 1960, т. XXII, с. 3–73.

УДК 631.432:626.86

Г.А.ПИСЕЦКИЙ, канд.техн.наук  
(БелНИИМивХ)

### НЕСТАЦИОНАРНАЯ ПЛАНОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ВОДЫ К ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ДРЕНАЖУ В ДВУХСЛОЙНОМ ГРУНТЕ

В практике проектирования мелиоративных систем водоносная толща в большинстве случаев имеет неоднородно-слоистое строение, что исключает возможность использования схемы однородного по вертикали потока. Весьма характерной для водоносных отложений является схема двухслойного пласта, в котором проницаемость верхнего слоя значительно меньше проницаемости нижнего. При расчетах мелиоративного дренажа для таких условий приходится исходить из предпосылок перетекания (горизонтальная фильтрация в нижнем слое и вертикальная — в верхнем горизонте), учитывая гравитационный режим фильтрации в верхнем слое и упругую емкость в нижнем пласте. Питание грунтовых вод может происходить как с поверхности земли (осадки, испарение), так и с нижележащего напорного горизонта.

Указанные предпосылки были использованы при решении ряда задач неустановившейся фильтрации под действием регулирующей сети [1–3]. В мелиоративной практике такой случай встречается не всегда. Установлено, что на водный режим почв, подстилаемых хорошо проницаемым грунтом, существенное влияние оказывает и водопроводящая сеть [4].

В настоящей статье рассматривается случай планового течения воды в двухслойной среде, относительно которой принимаются указанные выше предпосылки. Неустановившаяся фильтрация в рассматриваемых условиях описывается следующей системой дифференциальных уравнений: