ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXXII, № 2, 1979 Серия технических наук

ГИДРОТЕХНИКА

Э. А. ХАЧАТРЯН

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО ВОДОЗАБОРА В ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Решается фильтрационная задача в гидравлически связанной многослойной среде при линейной схеме расположения водозаборов (скважин), типичная для межгорных впадин [1, 5]. Численное решение задачи реализовано применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины (рис. 1).

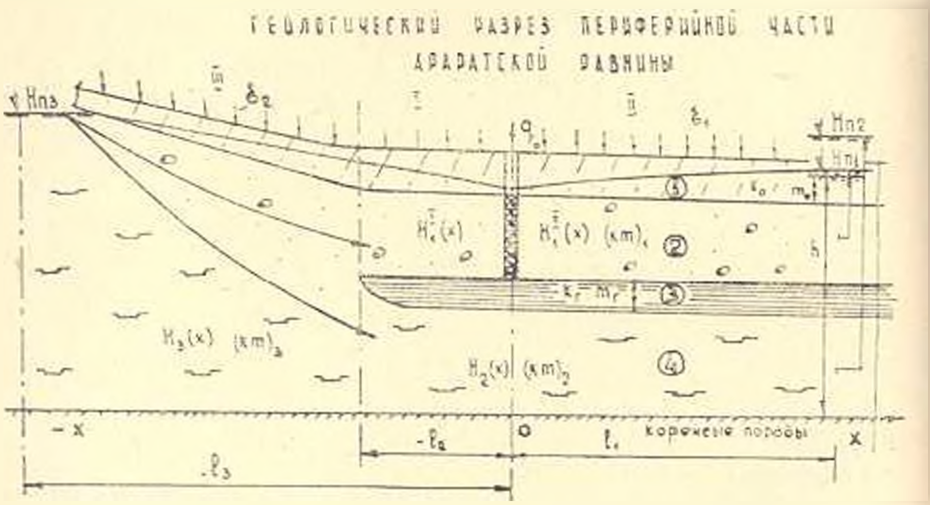

Рис. 1. 1—покровный слой; 2—слабонапорный слой, 3—слабопроницаемый слой (озёрные глины); артезианский слой (базальты).

Расчетную схему гидрогеологической обстановки межгорной впадины можно представить в виде фильтрационной системы, состоящей в основном из трех гидравлически связанных между собой пластов (слоев) (рис. 1): верхний покровный слой с напорным питанием грунтовых вод; нижний слабонапорный водоносный слой, отделенный от высоконапорного (артезианского) водоносного слоя глинистыми отложениями. Напорность создается на высоких отметках в предгорных зонах.

При схематизации фильтрационных процессов учитывается перетекание подземных вод из слоев с высоким напором в слои с меньшим напорами. В водоносных горизонтах движение воды принимается горизонтальным, а в слабопроницаемых прослойках — вертикальным, т. е. принимается схема перетекания Мятиева-Гиринского.

Вышеописанную фильтрационную систему при стационарном процессе можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений [2—5].

$$\varepsilon_1 + \frac{k_0}{m_0}(H_1^{\mathrm{I}} - h) + \frac{k_0}{m_0}(H_1^{\mathrm{II}} - h) = 0;$$

$$(km_1)\frac{d^2 H_1^{\mathrm{II}}}{dx^2} - \frac{k_0}{m_0}(H_1^{\mathrm{II}} - h) + \frac{k_r}{m_r}(H_2 - H_1^{\mathrm{II}}) = 0;$$

$$(km)_1 \frac{d^2 H_1^{\mathrm{I}}}{dx^2} - \frac{k_0}{m_0}(H_1^{\mathrm{I}} - h) + \frac{k_r}{m_r}(H_2 - H_1^{\mathrm{I}}) = 0; \qquad (1)$$

$$(km)_2 \frac{d^2 H_2}{dx^2} - \frac{k_r}{m_r}(H_2 - H_1^{\mathrm{I}}) - \frac{k_r}{m_r}(H_2 - H_1^{\mathrm{II}}) = 0;$$

$$(km)_3 \frac{d^2 H_3}{dx^2} + \varepsilon_2 = 0.$$

Эти уравнения решаем при следующих граничных условиях [3, 5]:

$$X = l_1; \qquad H_1^{\mathrm{II}} = \mathrm{const} = H_{01}; \qquad H_2 = \mathrm{const} = H_{02};$$

$$X = -l_2; \quad H_1^{\mathrm{I}} = H_2 = H_3; \quad (km)_1 \frac{dH_1^{\mathrm{I}}}{dx} + (km)_2 \frac{dH_2}{dx} = (km)_3 \frac{dH_3}{dx};$$

$$X = \pm r; \quad \left.\frac{dH_1^{\mathrm{I}}}{dx}\right|_{x=-r} - \left.\frac{dH_1^{\mathrm{II}}}{dx}\right|_{x=r} = -\frac{q_0}{(km)_1}; \qquad \left.H_1^{\mathrm{I}}\right|_{x=-r} = \left.H_1^{\mathrm{II}}\right|_{x=r}; \qquad (2)$$

$$X = -l; \qquad H_3 = \mathrm{const} = H_{03}; \qquad q_0 = \frac{Q}{l \cdot n}.$$

Общее решение задачи при граничных условиях (2) получено в следующем виде:

$$H^{\mathrm{II}}(x) = \frac{b_2}{2}\left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)X + \frac{b_2}{2}\left(\frac{\Delta_2}{\Delta}\right) - \frac{(km)_2}{2(km)_1}\left(\frac{\Delta_3}{\Delta}\right)\exp(-x\sqrt{b_1}) -$$

$$- \frac{(km)_2}{2(km)_1}\left(\frac{\Delta_4}{\Delta}\right)\exp(x\sqrt{b_1}) + \left(\frac{\Delta_5}{\Delta}\right)\exp(-x\sqrt{n_2}) +$$

$$+ \left(\frac{\Delta_6}{\Delta}\right)\exp(x\sqrt{n_2}) + \frac{n_1}{2}x^2 + \frac{M_1}{2};$$

$$H_1^{I}(x)=\frac{b_2}{2}\left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)x+\frac{b_2}{2}\left(\frac{\Delta_2}{\Delta}\right)-\frac{(km)_2}{2(km)_1}\left(\frac{\Delta_3}{\Delta}\right)\exp\left(-x\sqrt{b_1}\right)-$$

$$-\frac{(km)_2}{2(km)_1}\left(\frac{\Delta_4}{\Delta}\right)\exp\left(x\sqrt{b_1}\right)-\left(\frac{\Delta_5}{\Delta}\right)\exp\left(-x\sqrt{n_2}\right)-$$

$$-\left(\frac{\Delta_6}{\Delta}\right)\exp\left(x\sqrt{n_2}\right)+\frac{n_1}{2}x^2+\frac{M_1}{2};$$

$$H_2(x)=\frac{k_r}{2m_r(km)_2b_1}\left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)x+\frac{k_r}{2m_r(km)_2b_1}\left(\frac{\Delta_2}{\Delta}\right)+$$

$$+\left(\frac{\Delta_3}{\Delta}\right)\exp\left(-x\sqrt{b_1}\right)+\left(\frac{\Delta_4}{\Delta}\right)\exp\left(x\sqrt{b_1}\right)-$$

$$-\frac{\varepsilon_1k_r}{4m_r(km)_1(km)_2b_1}x^2-\frac{\varepsilon_1k_r}{2m_r(km)_1(km)_2b_1^2};$$

$$h(x)=\frac{H_1^{I}(x)+H_1^{II}(x)}{2}+\frac{\varepsilon_1m_0}{2k_0},$$

где ε_1, ε_2 — инфильтрационное питание с учетом испарения:

$$b_1=\left|\frac{2(km)_1+(km)_2}{2(km)_1(km)_2}\right|\frac{k_r}{m_r};\qquad b_2=1-\frac{k_r}{2m_r(km)_1b_1};$$

$$n_1=\left[\frac{\varepsilon_1k_r}{4m_r(km)_1^2b_1}-\frac{\varepsilon_1}{2(km)_1}\right];\qquad n_2=\frac{2m_rk_0+m_0k_r}{2m_0m_r(km)_1};$$

$$M_1=\frac{\varepsilon_1k_r}{2m_r(km)_1^2b_1^2}.$$

В функциях H_1^{I}, H_1^{II}, H_2, H_3 главный определитель имеет вид

$$\Delta_1=\left|\begin{array}{cccccc|c} a_{00} & a_{01} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{07} & a_{08}\\ a_{10} & a_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{17} & a_{18}\\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots\\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots\\ a_{70} & a_{71} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{77} & a_{78} \end{array}\right|.$$

Члены главного определителя вычисляются по следующим формулам:

$$a_{00}=\frac{b_2}{2}l_1;\qquad a_{01}=\frac{b_2}{2};\qquad a_{02}=-\frac{(km)_2}{2(km)_1}\exp\left(-l_1\sqrt{b_1}\right);$$

$$a_{03}=\frac{(km)_2}{2(km)_1}\exp\left(l\sqrt{b_1}\right);\qquad a_{04}=\exp\left(-l_1\sqrt{n_2}\right);\quad a_{05}=(\exp\left(l_1\sqrt{n_2}\right);$$

$$a_{06}=a_{07}=0;\qquad a_{10}=\frac{b_2}{2}l_1;\qquad a_{11}=\frac{b_2}{2};\qquad a_{12}=\exp\left(-l_1\sqrt{b_1}\right);$$

$$a_{13} = \exp(l_1 \sqrt{b_1}); \qquad a_{14} = a_{15} = a_{16} = a_{17} = a_{20} = a_{21} = a_{22} = a_{23} = 0;$$

$$a_{24} = a_{25} = 1; \qquad a_{26} = a_{27} = a_{30} = a_{31} = a_{32} = a_{33} = 0;$$

$$a_{34} = 2\sqrt{n_2}; \qquad a_{35} = -a_{34}; \qquad a_{36} = a_{37} = 0;$$

$$a_{40} = -\frac{b_2}{2} l_2; \qquad a_{41} = \frac{b_2}{2}; \qquad a_{42} = -\frac{(km)_2}{2(km)_1} \exp(l_2 \sqrt{b_1});$$

$$a_{43} = -\frac{(km)_2}{2(km)_1} \exp(-l_2 \sqrt{b_1}); \qquad a_{44} = -\exp(l_2 \sqrt{n_2});$$

$$a_{45} = -\exp(-l_2 \sqrt{n_2}); \qquad a_{46} = l_2; \qquad a_{47} = -1; \qquad a_{50} = -\frac{l_2}{2} l_2;$$

$$a_{51} = \frac{b_2}{2}; \qquad a_{52} = \exp(l_2 \sqrt{b_1}); \qquad a_{53} = \exp(-l_2 \sqrt{b_1});$$

$$a_{54} = a_{55} = 0; \qquad a_{56} = l_2; \qquad a_{57} = -1; \qquad a_{60} = [(km)_1 + (km)_2] \frac{b_2}{2};$$

$$a_{61} = 0; \quad a_{62} = -\frac{(km)_2}{2(km)_1} \exp(l_2 \sqrt{b_1}); \quad a_{63} = \frac{(km)_1}{2} \sqrt{b_1} \exp(-l_2 \sqrt{b_1});$$

$$a_{64} = (km)_1 \sqrt{n_2} \exp(l_2 \sqrt{n_2}); \qquad a_{65} = (km)_1 \sqrt{n_2} \exp(-l_2 \sqrt{n_2});$$

$$a_{66} = -(km)_2; \qquad a_{67} = a_{70} = a_{71} = a_{72} = a_{74} = a_{75} = 0;$$

$$a_{76} = -l_3; \qquad a_{77} = 1.$$

Свободные члены $a_{08}, a_{18}, \ldots, a_{78}$ вычисляются

$$a_{08} = H_{01} - \frac{n_1}{2} l_1^2 - \frac{M_1}{2};$$

$$a_{18} = H_{02} + \frac{\varepsilon_1 k_r l_1^2}{4m_r (km)_1 (km)_2 b_1} + \frac{\varepsilon_1 k_r}{2m_r (km)_1 (km)_2 b_1^2};$$

$$a_{28} = 0; \qquad a_{38} = -\frac{q_2}{(km)_3}; \qquad a_{48} = -\frac{\varepsilon_2 l_2^2}{2(km)_3} - \frac{n_1 l_2^2}{2} - \frac{M_1}{2};$$

$$a_{58} = \frac{\varepsilon_1 k_r l_2^2}{4m_r (km)_1 (km)_2 b_1} + \frac{\varepsilon_1 k_r}{2m_r (km)_1 (km)_2 b_1^2};$$

$$a_{68} = \varepsilon_2 l_2 + n_1 (km)_1 l_2 - \frac{\varepsilon_1 k_r l_2}{2m_r (km)_1 b_1}; \qquad a_{78} = H_{03} + \frac{\varepsilon_2}{2(km)_3} l_3^2.$$

Для вычисления $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_7$ необходимо столбцы главного определителя заменить соответствующими свободными членами.

Практическое значение этой задачи заключается в следующем: перехватить пресную воду на более высоких отметках, т. е. в предгорной части равнины. Эта вода будет использована для нужд сельскохозяйственного орошения и водоснабжения и предотвратит свободное поступление подземных вод из области питания в Араратскую равнину, которое исключить повышение уровня грунтовых вод, а также процесс засоления и заболачивания.

По изложенной выше методике произведем расчет линейного водозабора применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины.

дано: $k_1 = 0{,}03$ *м/сут*; $m_r = 5$ *м*; $(km)_1 = 2000$ *м²/сут*;

$(km)_2 = 3000$ *м²/сут*; $(km)_3 = 7000$ *м²/сут*; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0{,}02$ *м/сут*;

$l_1 = 1000$ *м*; $l_2 = 500$ *м*; $l_3 = 4000$ *м*; $q_0 = 0{,}05$ *м²/сут*;

$k_0 = 0{,}1$ *м/сут*; $m_0 = 20$ *м*.

Расчет выполняется на ЭВМ „Наири-2" по универсальной программе. Результаты расчета приводятся в таблице.

Таблица

H_i / X	$X=0$	$X=500$	$X=1000$	$X=-200$	$X=-500$	$X=-2000$	$X=-4000$
$H_1^{II}(x)$	171,1	174,3	183,0	—	—	—	—
$H_1^{I}(x)$	171,1	—	—	179,1	191,1	—	—
$H_2(x)$	183,1	182,3	193,0	189,1	191,1	—	—
$H_3(x)$	—	—	—	—	191,1	220,6	250,0
$h(x)$	173,3	181,6	183,0	175,8	182,5	—	—

По полученным решениям можно построить пьезометрические линии во всех водоносных горизонтах, подсчитать величину перетоков при любых исходных данных.

ЕрПИ им. К. Маркса Поступило 14.IX.1978.

Է. Հ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԳԾԱՅԻՆ ԴԱՍԱՎՈՐՎԱԾ ՋՐՀՈՐԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ՔԱՌԱՇԵՐՏ ՖԻԼՏՐԱՑԻՈՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ամփոփում

Հոդվածում ուսումնասիրված է հիդրավլիկորեն իրար հետ կապված քառաշերտ միջավայրում ֆիլտրացիոն խնդիր, երբ աշխատում են գծային ձևով դասավորված ուղղաձիգ հորեր։ Ֆիլտրացիոն [illegible] երկրաչափական պայմանները տիպիկ են միջլեռնային իջվածքների համար։ Ստացված են

բանաձևեր, որոնց օգնությամբ կարելի է ստանալ բոլոր ջրատար շերտերում ճնշումների մեծությունը. կախված հորի ելքից։

Խնդիրը թվական եղանակով լուծված է Արարատյան դաշտավայրի ծայրամասային տեղամասերի համար։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананян А. К.* Дренаж при освоении солоных солончаков. М. «Колос», 1971.
2. *Барсегян Р. М.* Методы решения задач теории фильтрации в неоднородных средах. Ереван. Изд. ЕГУ, 1977.
3. *Шержуков Б. С.* Неустановившаяся фильтрация грунтовых вод и горизонтальные дрены с учетом разделения пласта слабопроницаемыми перемычками. Тр. координ. совещ. по гидротех., вып. 35, Ленинград, 1967.
4. *Пирвердян А. М.* О перетоках жидкости из одного горизонта в другой. «Известия вузов. Нефть и газ», № 28, 1956.
5. *Бочевер Ф. М.* Проектирование водозаборов подземных вод. М., Стройиздат, 1976.