ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XX, № 4, 1967 Серия технических наук

ГИДРОТЕХНИКА

С. М. КАЗАРЯН

К ВОПРОСУ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ПРИТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МНОГОСЛОЙНОЙ ФИЛЬТРИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

По генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов предполагается при помощи глубоких скважин произвести забор воды в определенных точках Араратской равнины, которая рассматривается как область разгрузки подземных вод, формирующихся на Арагацских и Гегамских массивах и в системе гор Большого и Малого Арарата.

Почво-грунты Араратской равнины представлены суглинистыми грунтами мощностью от 3 до 15 *м* (рис. 1). Ниже этого слоя простирается первый водоносный горизонт мощностью от 5 до 120 *м*, который представлен мелкими песками, местами с прослойками суглинистых линз. Воды первого водоносного слоя слабонапорные. Ниже первого водоносного слоя залегают озерные глины, которые простираются почти по всей площади Араратской равнины. Ниже этих озерных глин залегают галечники и лавы, мощность которых достигает 50÷300 *м*. Этот слой и составляет артезианский водоносный горизонт. Воды артезианского бассейна имеют положительный напор, который местами достигает 25 *м*. Все водоносные горизонты Араратской равнины гидравлически связаны.

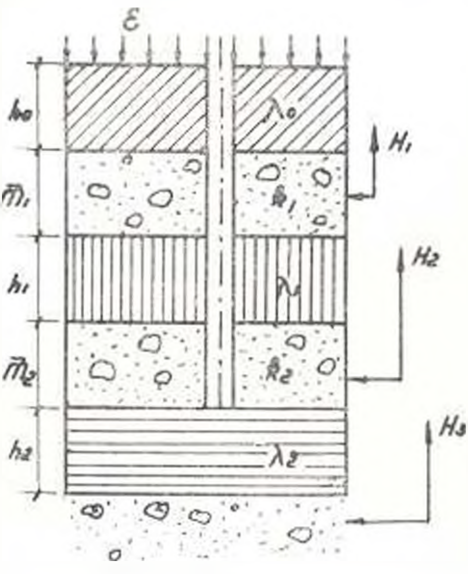

Рис. 1.

Опыт эксплуатации самоизливающихся скважин Араратской равнины и в частности скважин в районе Харатлу показывает, что дебит самоизливающихся скважин изменяется по экспоненциальному закону (рис. 2).

Режимом самоизливающихся скважин при эксплуатации можно управлять задвижками. Возможны следующие случаи эксплуатации скважин: скважины открываются неодновременно, т. е. расход увеличивается в зависимости от числа включенных скважин (рис. 3, кривая I); скважины закрываются постепенно по очереди (кривая II); скважины открываются или закрываются одновременно (кривая III).

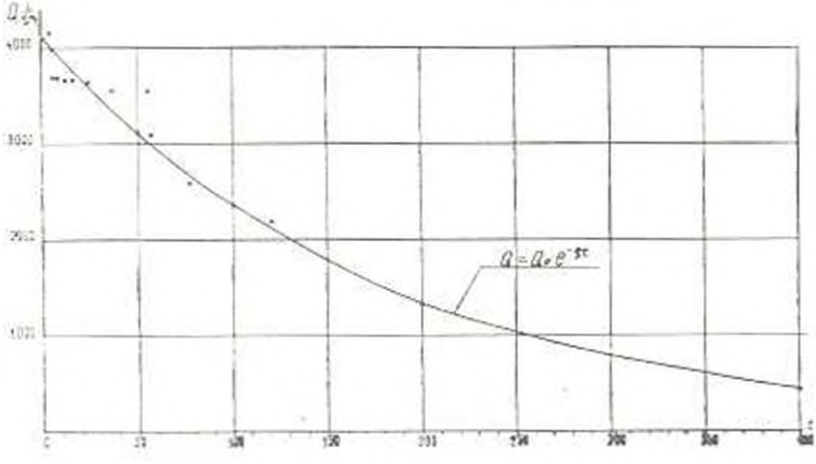

Рис. 2.

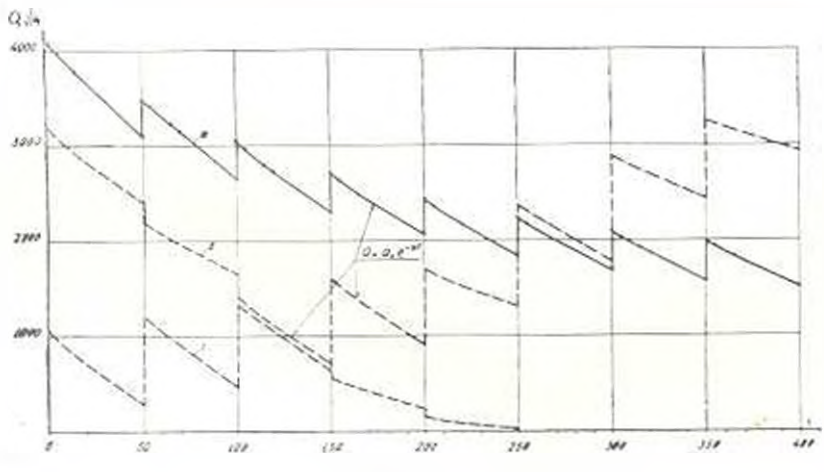

Рис. 3.

В связи с изложенным возникла необходимость решения задачи неустановившегося притока подземных вод в скважину в многослойной фильтрирующей среде при переменном режиме излива или откачки.

В условиях, когда скважины занимают сравнительно небольшую площадь по сравнению с площадью подземного резервуара, задача в первом приближении может быть рассмотрена как осесимметричная с граничными условиями, простирающимися в бесконечность.

В свете изложенного нестационарный процесс движения подземных вод в многослойной, гидравлически связанной среде, с учетом инфильтрации поверхностных вод, следуя [1, 2, 3], можно выразить уравнением:

$$m_n \frac{\partial H_n}{\partial t} = \bar{m}_n k_n \left(\frac{\partial^2 H_n}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H_n}{\partial r} \right) - \frac{\varkappa_n}{h_n} (H_n - H_{n+1}) -$$

$$- \frac{\varkappa_{n-1}}{h_{n-1}} (H_n - H_{n-1}) - \varepsilon, \qquad (1)$$

где m_n — коэффициент порозности n-го хорошо проницаемого слоя;

$\bar{m}_n$ — мощность того же слоя;

k_n — коэффициент фильтрации того же слоя;

H_n — пьезометрический напор;

$\varkappa_n$ — коэффициент фильтрации n-го плохо проницаемого слоя;

h_n — мощность того же слоя;

ε — интенсивность инфильтрации.

При $n = 1$ и $n = 2$ обозначив

$$a_1^2 = \frac{\bar{m}_1 k_1}{m_1};\ b_0^2 = \frac{\varkappa_0}{h_0 m_1};\ b_1^2 = \frac{\varkappa_1}{h_1 m_1};\ S_1 = H_1 - H_3;\ S_2 = H_2 - H_3;$$

$$a_2^2 = \frac{\bar{m}_2 k_2}{m_2};\ b_1'^2 = \frac{\varkappa_1}{h_1 m_2};\ b_2^2 = \frac{\varkappa_2}{h_2 m_2};\ e = \frac{\varepsilon}{m_1} \qquad (2)$$

на основании (1) получим

$$\frac{\partial S_1}{\partial t} = a_1^2 \left(\frac{\partial^2 S_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial S_1}{\partial r} \right) - (b_1^2 + b_0^2) S_1 + b_1^2 S_2 - b_0^2 (H_3 - H_0) - e,$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial t} = a_2^2 \left(\frac{\partial^2 S_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial S_2}{\partial r} \right) + b_1'^2 S_1 - (b_1'^2 + b_2^2) S_2. \qquad (3)$$

Система (3) нами решается при следующих начальных и граничных условиях:

$$S_1(r, t)\Big|_{t=0} = \alpha_1 = H_1 - H_3;$$

$$S_2(r, t)\Big|_{t=0} = \alpha_2 = H_2 - H_3;$$

$$\left. \begin{array}{l} S_1(r, t)\Big|_{r\to\infty} \text{— ограничено} \\ S_2(r, t)\Big|_{r\to\infty} \text{— ограничено} \end{array} \right| \text{при } t > 0; \qquad (4)$$

$$Q_1 = 0 = -2\pi r \bar{m}_1 k_1 \frac{\partial S_1}{\partial r}\Big|_{r=r_c};$$

$$Q_2 = Q_0 e^{-qt} = -2\pi r \bar{m}_2 k_2 \frac{\partial S_2}{\partial r}\Big|_{r=r_c}.$$

Здесь Q_0 — расход скважины в начальный момент самоизлива;

q — постоянная, определяемая по данным опыта;

t — время.

Применяя для уравнений (3) преобразование Лапласа относительно переменной t и учитывая начальные условия, получим:

$$a_1^2\left(\bar{S}_1'' - \frac{1}{r}\bar{S}_1'\right) - (b_1^2 + b_0^2 + P)\,\bar{S}_1 + b_1^2\bar{S}_2 = \frac{b_0^2(H_3 - H_0) + e}{P} - \alpha_1,$$

$$a_2^2\left(\bar{S}_2'' + \frac{1}{r}\bar{S}_2'\right) + b_1'^2\,\bar{S}_1 - (b_1'^2 + b_2^2 + P)\,\bar{S}_2 = -\alpha_2. \tag{5}$$

Система уравнений (5) имеет частное решение в виде $\bar{S}_1 = \bar{S}_{10}$ и $\bar{S}_2 = \bar{S}_{20}$, где $\bar{S}_{10}$ и $\bar{S}_{20}$ — постоянные (относительно r), которые соответствуют давлениям H_{10}, H_{20} в водоносных пластах I и II, при заданных значениях H_0 и H_3.

Используя свойства $\bar{S}_{10}$ и $\bar{S}_{20}$, получим:

$$-(b_1^2 + b_0^2 + P)\,\bar{S}_{10} + b_1^2\bar{S}_{20} = \frac{b_0^2(H_3 - H_0) + e}{P} - \alpha_1,$$

$$b_1'^2\bar{S}_{10} - (b_1'^2 + b_2^2 + P)\,\bar{S}_{20} = -\alpha_2. \tag{6}$$

Решая системы уравнений (6) относительно $\bar{S}_{10}$ и $\bar{S}_{20}$, получим:

$$\bar{S}_{10} = \frac{\alpha_1 P^2 + \delta_1 P + \gamma_1}{(P^2 + dP + f)\,P},$$

$$\bar{S}_{20} = \frac{\alpha_2 P^2 + \delta_2 P + \gamma_2}{(P^2 + dP + f)\,P}, \tag{7}$$

где

$$f = b_1^4\left[\frac{b_2^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1^2}\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right)\right];$$

$$d = b_1^2\left(1 + \frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right);$$

$$\gamma_1 = \left[-(H_3 - H_0)\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right)\frac{b_0^2}{b_1^2} - e\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right)\frac{1}{b_1^2}\right]b_1^4;$$

$$\delta_1 = \left[-\frac{b_0^2}{b_1^2}(H_3 - H_0) + \alpha_1\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right) + \alpha_2 - \frac{e}{b_1^2}\right]b_1^2; \tag{8}$$

$$\gamma_2 = -\frac{b_1'^2}{b_1^2}\left[(H_3 - H_0)\frac{b_0^2}{b_1^2} + \frac{e}{b_1^2}\right]b_1^4;$$

$$\delta_2 = \left[\alpha_2\left(1 + \frac{b_0^2}{b_1^2}\right) + \alpha_1\frac{b_1'^2}{b_1^2}\right]b_1^2.$$

Для получения общего решения системы уравнений (5) нужно к найденному частному решению (7) прибавить общее решение однородной системы. Система однородных уравнений (5) по своему начертанию напоминает функцию Бесселя мнимого аргумента, решения которой будем искать в виде [4]:

$$\bar{S}_1 = A_1K_0(\omega r) + B_1I_0(\omega r);$$

$$\bar{S}_2 = A_2K_0(\omega r) + B_2I_0(\omega r). \tag{9}$$

где $I_0(\omega r)$ и $K_0(\omega r)$ — цилиндрические функции мнимого аргумента, соответственно первого и второго рода нулевого порядка.

Используя условия (4), получим:

$$\begin{aligned} \overline{S}_1 &= A_1 K_0(\omega r), \\ \overline{S}_2 &= A_2 K_0(\omega r). \end{aligned} \tag{10}$$

Подставляя значение $\overline{S}_1$ и $\overline{S}_2$ в (5) и используя рекурентные формулы Бесселя, получим:

$$\begin{aligned} &[a_1^2\omega^2 - (b_1^2 + b_2^2 + P)]\, A_1 + b_2^2 A_2 = 0, \\ &b_2'^2 A_1 + [a_2^2\omega^2 - (b_1'^2 + b_1^2 + P)]\, A_2 = 0. \end{aligned} \tag{11}$$

Откуда для нетривального решения получим:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{aP + h \pm \sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}}{2a'} \tag{12}$$

Подставляя ω_1^2 и ω_2^2 в (12), находим значение A_1 и A_2 с точностью до постоянного множителя

$$A_{11} = A_{12} = 1, \tag{а}$$

$$A_{21,2} = a^{III}P \pm a^{IV}\sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}} + a^{V}, \tag{б}$$

где
$$a^{II} = a_1^4\left(1 - \frac{a_2^2}{a_1^2}\right)^2;$$

$$h^{I} = 2a_1^4 b_1^2\left[\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2} - \frac{a_2^2}{a_1^2}\left(1 + \frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right) + \frac{a_2^4}{a_1^4}\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1^2}\right)\right];$$

$$h^{II} = a_1^4 b_1^4\left\{\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2}\right)^2 + 2\frac{a_2^2}{a_1^2}\left[\left(1 - \frac{b_0^2}{b_1^2}\right)\frac{b_1'^2}{b_1^2} - \frac{b_2^2}{b_1^2}\left(1 + \frac{b_0^2}{b_1^2}\right)\right] + \right.$$
$$\left. + \frac{a_2^4}{a_1^4}\left(\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1'^2}\right)^2\right\};$$

$$h = a_1^2 b_1^2\left[\frac{b_1'^2}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2} + \frac{a_2^2}{a_1^2}\left(1 + \frac{b_0^2}{b_1^2}\right)\right];$$

$$a = a_1^2\left(1 + \frac{a_2^2}{a_1^2}\right);\quad a^{IV} = -\frac{1}{2a_1^2 \cdot b_1^2 \cdot a_2^2/a_1^2}; \tag{13}$$

$$a^{III} = -\frac{1 - a_2^2/a_1^2}{2a_2^2/a_1^2 \cdot b_1^2};\quad a^{V} = -\frac{b_1'^2/b_1^2 + b_2^2/b_1^2 - a_2^2/a_1^2\,(1 - b_0^2/b_1^2)}{2a_2^2/a_1^2}.$$

С учетом (а), (б) общее решение системы (5) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \overline{S}_1 &= \overline{S}_{10} + C_1 A_{11} K_0(\omega_1 r) + C_2 A_{12} K_0(\omega_2 r); \\ \overline{S}_2 &= \overline{S}_{20} + C_1 A_{21} K_0(\omega_1 r) + C_2 A_{22} K_0(\omega_2 r), \end{aligned} \tag{14}$$

где C_1 и C_2 — постоянные, определяемые из условия (4)

$$C_1 = \frac{Q_0}{A\left[\sqrt{aP + h + \sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}}\,(P+q)\right]\sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}\,K_1(\omega_1 r_0)},$$

$$C_2 = -\frac{Q_0}{A\sqrt{aP - h - \sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}}\,(P+q)\sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}\,K_1(\omega_2 r_0)},$$

где

$$A = -\frac{1.41\,\pi r_0 k_0 m_0}{a_1^1 \frac{a_2^1}{a_1^1}\sqrt{\frac{a_2^1}{a_1^1} b_1}}.$$

В дальнейшем членом $(aP + h)$ будем пренебрегать по сравнению с $\sqrt{a^{II}P^2 + h^{I}P + h^{II}}$ как величиной высшего порядка малости. Кроме того, нетрудно заметить, что при этом мы сохраняем все основные физические параметры, от которых зависит процесс фильтрации.

С учетом этого, подставляя значение C_1 и C_2 в систему (14) и переходя от отображающей функции к ее оригиналу, получим:

$$S_1 = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t}(\alpha_1\lambda^2 + \beta_1\lambda + \gamma_1)}{\lambda(\lambda^2 + d\lambda + f)}\,d\lambda +$$

$$+ \frac{Q_0(1+i)}{2\pi i A}\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t} K_0(\omega r)}{\sqrt[4]{(a^{II}\lambda^2 + h^{I}\lambda + h^{II})^3}\,(\lambda + q)K_1(\omega r_0)}\,d\lambda;$$

$$S_2 = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t}(\alpha_2\lambda^2 + \beta_2\lambda + \gamma_2)}{\lambda(\lambda^2 + d\lambda + f)}\,d\lambda +$$

$$+ \frac{Q_0}{2\pi i A}\Bigg[a^{III}(1+i)\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t} K_0(\omega r)}{\sqrt[4]{(a^{II}\lambda^2 + h^{I}\lambda + h^{II})^3}\,(\lambda + q)K_1(\omega r_0)}\,d\lambda +$$

$$+ a^{IV}(1-i)\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t} K_0(\omega r)}{\sqrt[4]{a^{II}\lambda^2 + h^{I}\lambda + h^{II}}\,(\lambda + q)\,K_1(\omega r_0)}\,d\lambda +$$

$$+ a^{V}(1+i)\int\limits_{\gamma - i\infty}^{\gamma + i\infty} \frac{e^{\lambda t} K_0(\omega r)}{\sqrt[4]{(a^{II}\lambda^2 + h^{I}\lambda + h^{II})^3}\,(\lambda + q)\,K_1(\omega r_0)}\,d\lambda\Bigg]. \qquad (15)$$

где

$$\omega = \frac{\sqrt{a^4\lambda^2 + h^4\lambda} - h^2}{\sqrt{2a^2}}.$$

Линейные интегралы для $S(r, t)$, полученные с помощью теоремы обращения, обычно вычисляются посредством перехода к замкнутому контуру и применением теоремы вычетов [5]. При вычислении линейных интегралов (15) возможны следующие случаи:

1. $\overline{S}(\lambda)$ есть однозначная функция от λ с счетным множеством полюсов. В этом случае, используя контур рис. 4, лемму Жордана и теорему Коши, интеграл (15) можно представить в следующем виде:

$$\int = 2\pi i \Sigma\, Res. \tag{16}$$

2. $\overline{S}(\lambda)$ имеет точку разветвления и только конечное число полюсов. В этом случае, используя контур рис. 5, интеграл (15) можно представить в виде

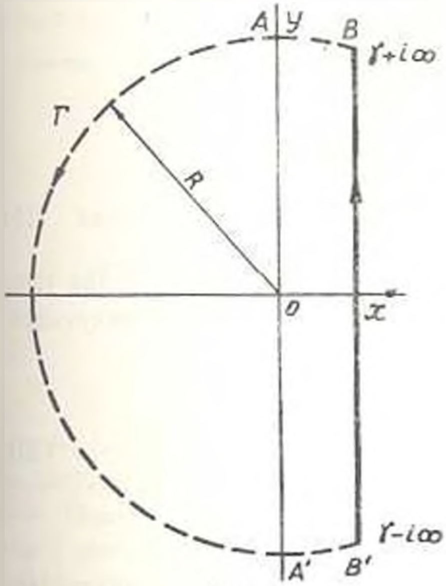

Рис. 4.

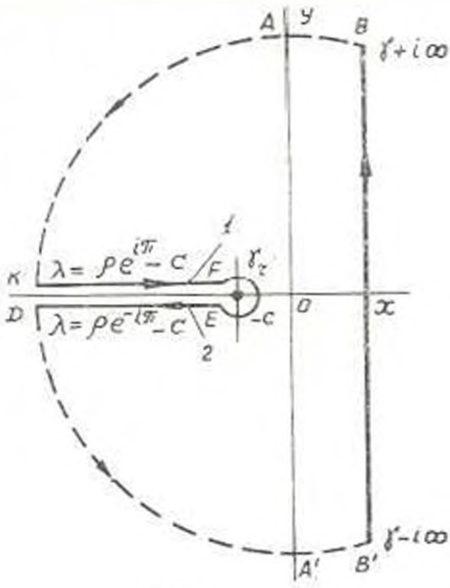

Рис. 5.

$$\int = \int_{KF} + \int_{ED} + \int_{\gamma_r} + \Sigma\, Res. \tag{17}$$

Первые подынтегральные функции системы уравнений (15) однозначные. Поэтому будем иметь

при $4f > d^2$

$$\int = e^{-\frac{d}{2}t}(\beta_1 \cos\varphi t + \beta_2 \sin\varphi t) + \frac{\alpha_1}{f}; \tag{18}$$

$$\int = e^{-\frac{d}{2}t}(\beta_1' \cos \varphi t + \beta_2' \sin \varphi t) + \frac{\gamma_2}{f}; \tag{19}$$

при $4f < d^2$

$$\int = e^{-\frac{d}{2}t}\left[\frac{e^{\varphi_1 t}}{2}(\beta_1 - \beta_2^{*}) + \frac{e^{-\varphi_1 t}}{2}(\beta_1 + \beta_2^{*})\right] + \frac{\gamma_1}{f}; \tag{18'}$$

$$\int = e^{-\frac{d}{2}t}\left[\frac{e^{\varphi_1 t}}{2}(\beta_1' - \beta_2^{**}) + \frac{e^{-\varphi_1 t}}{2}(\beta_1' + \beta_2^{**})\right] + \frac{\gamma_2}{f}, \tag{19'}$$

где

$$\beta_1 = \alpha_1 - \frac{\gamma_1}{f}; \quad \beta_2 = \sqrt{4f - d^2}\,\frac{\alpha_1 f d - 2\delta_1 f + \gamma_1 d}{f(4f - d^2)}; \quad \beta_1' = \alpha_2 - \frac{\gamma_2}{f};$$

$$\beta_2' = \sqrt{4f - d^2}\,\frac{\alpha_2 f d - 2\delta_2 f + \gamma_2 d}{f(4f - d^2)};$$

$$\varphi = \sqrt{f - \frac{d^2}{4}}; \quad \varphi_1 = \sqrt{\frac{d^2}{4} - f};$$

$$\beta_2^{*} = \sqrt{d^2 - 4f}\,\frac{\alpha_1 f d - 2\delta_1 f + \gamma_1 d}{f(4f - d^2)};$$

$$\beta_2^{**} = \sqrt{d^2 - 4f}\,\frac{\alpha_2 f d - 2\delta_2 f + \gamma_2 d}{f(4f - d^2)}.$$

Остальные подынтегральные функции системы уравнений (15) многозначные. Вычисление их производится по формуле (17).

Вычисляя эти интегралы и подставляя в систему уравнений (15), расчетные формулы для S_1 и S_2 можно представить в следующем виде:

$$S_1(r, t) = \varphi_1(H) + \frac{Q_0}{r_0 k_2 m_2}\varphi_1(\rho);$$

$$S_2(r, t) = \varphi_2(H) + \frac{Q_0}{r_0 k_2 m_2}\varphi_2(\rho). \tag{20}$$

где

$\varphi_1(H)$ и $\varphi_2(H)$ определяются согласно (18) и (19) формулами:

$\varphi_1(\rho) = \xi(B - G);$

$\varphi_2(\rho) = \xi\{2a^{III} D - (ca^{III} - a^{V}) B - G[a^{III}(2q - c) - a^{V}]\};$

$$\xi = \frac{1{,}41 \cdot \alpha_2 \frac{a_2^2}{a_1^2}\sqrt{\frac{a_2^2}{a_1^2}} \cdot b_1^2 e^{-ct}}{\pi a^{III}}; \quad B = \int_c^{\infty} \frac{e^{-\rho t}}{\rho^{3/2}[q - (\rho + c)]} M d\rho;$$

$$G = \frac{\pi}{2}\,\frac{e^{(c-q)t} K_0(rx\sqrt{c-q})}{(c-q)^{3/2} K_1(r_0 x\sqrt{c-q})}; \quad D = \int_c^{\infty} \frac{e^{-\rho t}}{\rho^{1/2}[q - (\rho + c)]} M d\rho;$$

$$M = \frac{J_0(rx\sqrt{\rho})Y_1(r_0x\sqrt{\rho}) - J_1(r_0x\sqrt{\rho})\ Y_0(rx\sqrt{\rho})}{J_1^2(r_0x\sqrt{\rho}) + Y_1^2(r_0x\sqrt{\rho})};$$

$$x = \frac{a^{*1/4}}{a_1^2\sqrt{2\frac{a_2^2}{a_1^2}}};\ a^* = \left(1-\frac{a_2^2}{a_1^2}\right)^2;\quad c = \frac{b_1^2}{(1-a_2^2/a_1^2)^2}\left(-Z\pm\sqrt{Z^2-Z'}\right);$$

$$Z = \frac{b_2^{'2}}{b_1^2} + \frac{b_2^2}{b_1^2} - \frac{a_2^2}{a_1^2}\left(1+\frac{b_2^{'2}}{b_1^2}+\frac{b_0^2}{b_1^2}-\frac{b_2^2}{b_1^2}\right) + \frac{a_2^4}{a_1^4}\left(\frac{b_1^{'2}}{b_1^2}-\frac{b_0^2}{b_1^2}\right);$$

$$Z' = \left(1-\frac{a_2^2}{a_1^2}\right)^2\left\{\left(\frac{b_1^{'2}}{b_1^2}+\frac{b_2^2}{b_1^2}\right)^2 + 2\frac{a_2^2}{a_1^2}\left[\frac{b_1^{'2}}{b_1^2}\left(1-\frac{b_0^2}{b_1^2}\right) - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{b_2^2}{b_1^2}\left(1+\frac{b_0^2}{b_1^2}\right)\right] + \frac{a_2^4}{a_1^4}\left(\frac{b_1^{'2}}{b_1^2}+\frac{b_0^2}{b_1^2}\right)^2\right\}.$$

Для облегчения расчетов функции (20) автором табулированы.

Предлагаемая формула позволяет решить задачу неустановившегося притока подземных вод к скважине в многослойной фильтрующей среде при переменном режиме излива или откачки.

Армянский сельскохозяйственный
институт

Поступило 21.II.1967.

Ս. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԲԱԶՄԱՇԵՐՏ ՖԻԼՏՐՈՂ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ ՆԵՐՀՈՍՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում տրվում է ջրաբեր շերտերում ճնշումների հաշվման մեթոդ՝ ուղղաձիգ դրենից ինֆիլտրացման և ջրհանման ցանկացած ռեժիմների դեպքում։ Ընդունվում է, որ ստորերկրյա ջրերի ներհոսումը դեպի ջրհորները կարելի է գտնել առանցքով համաչափ՝ անսահմանության ձգտող եզրային պայմաններով։

Խնդիրը լուծված է (4) հավասարումների սիստեմի օգնությամբ սկզբնական ու եզրային (5) պայմանների դեպքում։ Օպերացիոն հաշվի մեթոդներով (4) հավասարումների սիստեմի լուծումից ստացված է (20) հավասարումների սիստեմը։ (20) հավասարումների սիստեմի $\varphi_{1,2}(H)$ *և* $\varphi_{1,2}(\rho)$ *ֆունկցիաները աղյուսակավորված են պարամետրերի լայն դիապազոնի համար, որը հեշտացնում է խնդրի լուծումը տարբեր հիդրոգեոլոգիական պայմանների դեպքում։*

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Полубаринова-Кочина П. Я.* Теория движения грунтовых вод. М., ГТТИ, 1952.
2. *Мятиев А. Н.* Действие колодца в напорном бассейне подземных вод. Изв. Туркменского филиала АН СССР, № 1—1, 1946.

3. *Барон В. А.* Неустановившийся приток подземных вод к скважине вертикального дренажа. Изв. АН Узбекской ССР. Вопросы гидротехники, вып. 3, 1961.
4. *Ватсон Г. Н.* Теория Бесселевых функций. Часть вторая, И.Л, 1949
5. *Андре Анго.* Математика для электро- и радиоинженеров (перевод с французского). М., 1964.