ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXIV, № 2, 1981 Серия технических наук

ГИДРОТЕХНИКА

Э. А. ХАЧАТРЯН

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО ВОДОЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ДВУХСЛОЙНОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ

Анализ наблюдений за режимом подземных вод показывает, что во многих районах на орошаемых территориях уровень грунтовых вод в покровных отложениях залегает на небольшой глубине. Для уменьшения бесполезных потерь воды на испарение необходимо уровень грунтовых вод снизить на определенную глубину [1].

При работе подземных водозаборных сооружений, т. е. при понижении уровня грунтовых вод (увеличении зоны аэрации) доля атмосферных осадков, идущая на испарение и транспирацию, уменьшается, за счет чего увеличивается инфильтрационное питание. Таким образом, можно в значительной степени увеличить эффективность использования грунтовых вод на орошение.

Решение поставленной задачи (при работе линейно расположенных скважин в двухслойной фильтрационной среде — рис. 1) можно реализовать при помощи следующих дифференциальных уравнений [2—4]:

$$\frac{k_0}{m_0}(S - S_0) - \alpha S_0 = \mu_0 \frac{\partial S_0}{\partial t}; \tag{1}$$

$$a\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - \frac{k_0}{\mu m_0}(S - S_0) = \frac{\partial S}{\partial t}. \tag{2}$$

В этих уравнениях в качестве гипотезы принято, что инфильтрационное питание поверхностных вод изменяется линейно в зависимости от понижения уровня грунтовых вод.

Начальные и граничные условия формулируются следующим образом:

$$t = 0, \qquad S(x, 0) = S_0(x, 0) = 0; \tag{3}$$

$$t > 0, \qquad \lim \frac{\partial S}{\partial x}\bigg|_{x \to 0} = -\frac{q_0}{2km}; \tag{4}$$

$$x \to \infty, \qquad S(\infty, t) = S_0(\infty, t) = 0, \tag{5}$$

где S_0, S — понижения уровней, *м*; km, a — коэффициенты водопроводимости и пьезопроводимости, *м²/сут*; q_0 — дебит скважин на 1 *п. м*, *м²/сут*; $q_0 = \frac{Q}{\text{б}}$; α — коэффициент пропорциональности, 1/*сут*; μ, $m_0 = H - S_0$ — средняя мощность безнапорного горизонта, *м*.

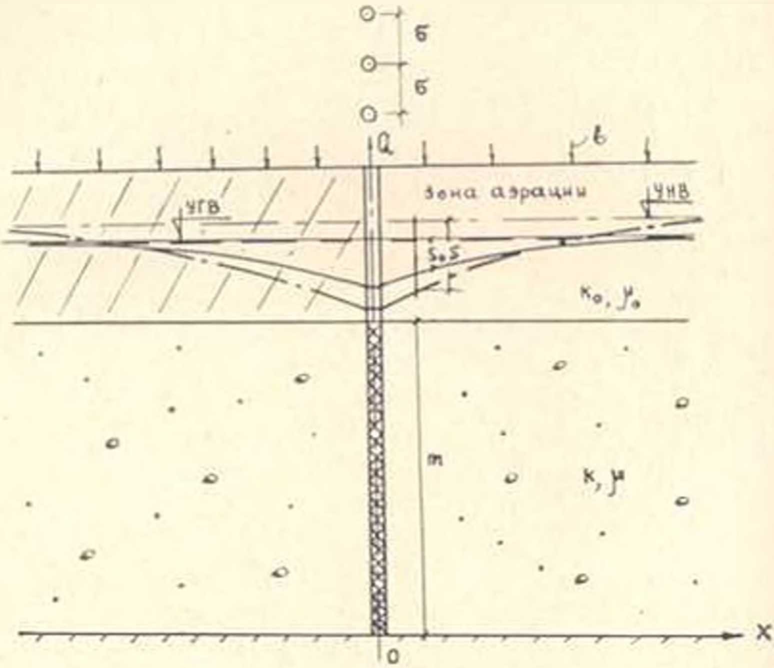

Рис. 1.

Из уравнения (1) можно получить:

$$S = \beta S_0 + \gamma \frac{\partial S_0}{\partial t}, \tag{6}$$

где

$$\beta = 1 + \frac{\alpha m_0}{k_0}; \tag{7}$$

$$\gamma = \frac{\mu_0 m_0}{k_0}. \tag{8}$$

Подставляя выражение (6) в уравнение (2), получаем:

$$a\left[\left(\beta \frac{\partial^2 S_0}{\partial x^2} + \gamma \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial^2 S_0}{\partial x^2}\right)\right] - \frac{k_0}{\mu m_0}\left|\beta S_0 + \gamma \frac{\partial S_0}{\partial t} - S_0\right| = \beta \frac{\partial S_0}{\partial t} \tag{9}$$

или

$$a\left[\beta \frac{\partial^2 S_0}{\partial x^2} + \gamma \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial^2 S_0}{\partial x^2}\right)\right] - \frac{\alpha}{\mu} S_0 = \left(\beta + \frac{\mu_0}{\mu}\right)\frac{\partial S_0}{\partial t}. \tag{10}$$

В уравнения (9), (10) опущена вторая производная по времени $\frac{\partial S}{\partial t^2}$ ввиду ее малости по сравнению с первой производной $\frac{\partial S}{\partial t}$.

Граничное условие (4) с учетом (6) представляется в следующем виде:

$$\lim \frac{\partial}{\partial x}\left(S_0\beta + \gamma \frac{\partial S_0}{\partial t}\right) = -\frac{q_0}{2km}. \tag{11}$$

Применяя интегральное преобразование Лапласа по переменной t к уравнению (10), получаем:

$$\frac{d^2 u_0}{dx^2} - u_0\theta = 0, \tag{12}$$

где

$$u_0 = \int_0^\infty S_0(x, \tau)\, e^{-p\tau} d\tau; \qquad \theta = \frac{\alpha + (\beta\mu + \mu_0)}{\mu a(\beta + \gamma p)}. \tag{13}$$

Граничное условие (11) в области изображений будет:

$$\lim_{x \to 0} \frac{du_0}{dx}(\beta + \gamma p) = -\frac{q_0}{2kmp}. \tag{14}$$

Решение уравнения (12) с учетом граничных условий выразится так:

$$u_0(x, p) = \frac{q_0 \exp(-x\sqrt{\theta})}{2kmp(\beta + \gamma p)\sqrt{\theta}}. \tag{15}$$

Для перехода выражения (15) к оригиналу рассмотрим частную задачу для больших значений t: она представляет большой практический интерес при работе водозаборных сооружений в длительное время. Одновременно это упрощение позволяет преодолеть большие математические трудности.

Учитывая сказанное, уравнение (15) можно представить в следующем виде:

$$u_0(x, p) = \frac{q_0}{2km\beta}\cdot\frac{\exp(-x\omega_0\sqrt{b+p})}{p\sqrt{b+p}}, \tag{16}$$

где

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\beta\mu + \mu_0}{\mu a\beta}}; \qquad b = \frac{\alpha}{\beta\mu + \mu_0}. \tag{17}$$

После перехода к оригиналу получим:

$$S_0(x, t) = \frac{q_0}{2km\beta\omega_0}\int_0^t \frac{1}{\sqrt{\pi(t-\tau)}}\, e^{-\frac{\omega_0^2 x^2}{4(t-\tau)} - b(t-\tau)} d\tau. \tag{18}$$

Решение (18) применимо для поздних стадий откачек [5]:

$$t > (3 \div 5)\frac{\gamma}{\beta}. \tag{19}$$

Зависимость, описывающая снижение уровня в нижнем слое, может быть получена из уравнения (6), которое после интегрального преобразования приводится к виду

$$u(x,\ p) = (\beta + \gamma p)\, u_0(x,\ p), \tag{20}$$

а для поздних стадий откачек с учетом критерия (19) —

$$u(x,\ p) = \beta u_0(x,\ p). \tag{21}$$

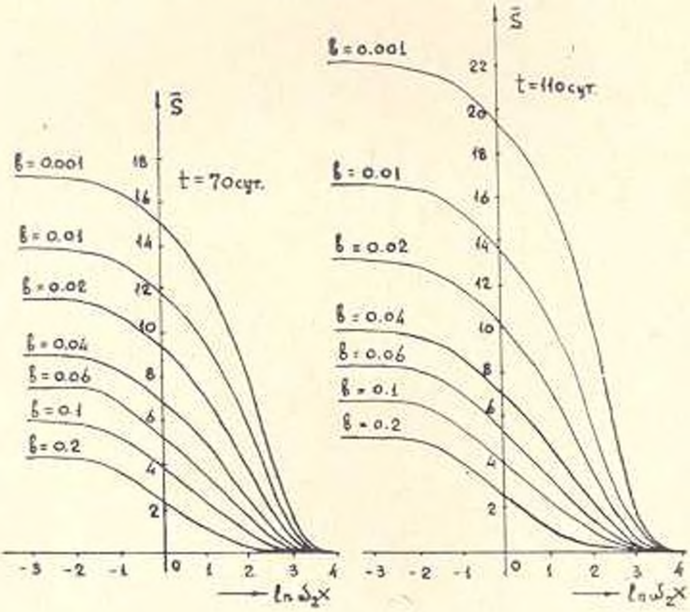

Рис. 2.

Следовательно, окончательная формула для определения понижений в нижнем напорном слое будет иметь такой вид:

$$S(x,\ t) = \frac{q_0}{2km\omega_2}\int_0^t \frac{1}{\sqrt{\pi(t-\tau)}}\, e^{-\frac{\omega_2^2 x^2}{4(t-\tau)} - b(t-\tau)}\, d\tau. \tag{22}$$

Для облегчения расчетов произведено табулирование функции $S(x,\ t)$ по параметрам $\bar{S} = \frac{2km\omega_2\sqrt{\pi}}{q_0} S$, $\xi = \omega_2 x$, t, для различных значений b (рис. 2).

Пользуясь формулами (18), (22), можно получить понижение в двух водоносных горизонтах, если задан откачиваемый расход и гидрогеологические параметры водоносных пластов.

По полученным зависимостям произведен расчет линейного водозабора применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины. Исходные данные: $\alpha = 0{,}00533$ $1/сут$; $km = 3000$ $м^2/сут$; $m_0 = 20$ $м$; $k_0 = 0{,}1$ $м/сут$; $q_0 = 129{,}6$ $м^2/сут$; $\sigma = 100$ $м$; $\mu_0 = 0{,}14$; $\mu = 0{,}02$.

Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица

X	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$t = 70$ *сут*											
S_0	12,2	11,5	10,2	9,1	8,2	7,3	6,5	5,7	5,0	4,4	3,9
S	25,1	23,6	20,9	18,8	16,9	15,1	13,3	11,8	10,4	9,1	8,1
$t = 80$ *сут*											
S_0	12,5	11,7	10,3	9,2	8,3	7,5	6,6	5,9	5,2	4,6	4,1
S	25,7	24,1	21,2	19	17,2	15,4	13,7	12,1	10,7	9,5	8,4
$t = 90$ *сут*											
S_0	12,7	11,8	10,4	9,3	8,4	7,6	6,8	6	5,3	4,7	4,2
S	26,2	24,1	21,4	19,1	17,4	15,6	13,9	12,4	10,9	9,7	8,6
$t = 100$ *сут*											
S_0	12,9	12	10,4	9,3	8,5	7,7	6,8	6,1	5,4	4,8	4,2
S	26,6	25,7	21,4	19,2	17,5	15,8	14,1	12,6	11,1	9,9	8,7

ЕрПИ им. К. Маркса Поступило 9. XII. 1980

Է. Հ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԵՐԿՇԵՐՏ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԳՐՈՒՆՏԱՅԻՆ ՋՐԵՐԻ ԳԾԱՅԻՆ ԴԱՍԱՎՈՐՎԱԾ ՋՐՀՈՐԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ԻՆՖԻԼՏՐԱՑԻԱՅԻ ՍՆՄԱՆ ՀԱՇՎԱՌՄԱՄԲ

Ա մ փ ո փ ու մ

Տրվում են լուծումներ, երբ գծային ձևով դասավորված ուղղաձիգ ջրհորների համակարգը աշխատում է երկշերտ ֆիլտրացնող միջավայրում: Վերին ծածկող շերտում ինֆիլտրային սնումը ընդունվում է համեմատական գրունտային ջրերի խորությանը: Ստացված են իջեցումների ֆունկցիաներ, ինչպես գրունտային, այնպես էլ ճնշումային ջրատար հորիզոններում ժամանակի մեծ արժեքների համար: Ջրատար շերտերի տարբեր բնութագրերի համար կազմված է ստացված ֆունկցիաների աղյուսակ:

Խնդիրը թվական եղանակով լուծված է Արարատյան դաշտավայրի հիդրոերկրաբանական պայմանների համար։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананян А. К.* Дренаж при освоении содовых солончаков. М., «Колос», 1971, 272 с.
2. *Бочевер Ф. М.* и др. Проектирование водозаборов подземных вод. М., Стройиздат, 1976, 292 с.
3. *Бочевер Ф. М.* Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М., «Недра», 1968, 325 с.
4. *Хачатрян Э. А.* Расчет линейного водозабора в четырехслойной фильтрационной среде. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXXII, № 2, 1979, с. 34—39.
5. *Бочевер Ф. М., Домашлинчюс Л. В.* Расчет водозаборов подземных вод в двухслойных пластах с учетом инфильтрационного питания. Тр. инст. ВОДГЕО, «Инженерная гидрогеология», вып. 70, М., 1977, с. 3—5.