

ГИДРАВЛИКА

С. М. КАЗАРЯН

РАСЧЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМ СКВАЖИН
В СЛОИСТЫХ ТОЛЩАХ

При линейном законе фильтрации и наличии нескольких стоков вызванные ими потенциалы можно алгебраически суммировать. Потенциал результирующего течения будет равняться алгебраической сумме потенциалов, вызванных каждым стоком в отдельности (принцип суперпозиции). Это следует из линейности уравнения Лапласа для потенциала и возможности суммирования его частных решений. Скорости течения при этом складываются геометрически, как векторы.

Исходя из сказанного, расчет взаимодействующих систем скважин производится по методу наложения течений с использованием тех же зависимостей, что и в случае единичных систем. Этот метод используется в [1—3].

В соответствии с этим при рассмотрении понижения уровня в какой-либо точке $M(r, t)$ сначала определяется влияние на нее каждой системы в отдельности, независимо от остальных взаимодействующих систем, затем они алгебраически складываются и находятся суммарные понижения уровня в данной точке. Для трехслойной гидравлически связанной толщи при различных случаях откачки из водоносных горизонтов через одиночные скважины получены расчетные формулы для определения понижения уровня подземных вод в любой точке пласта в любой момент времени [4—6].

При изменении водопроницаемости толщи в относительно небольших пределах расчеты неустановившегося во времени притока воды к скважинам можно производить по формулам [3], используя следующий приближенный прием.

Будем считать, что при различных значениях коэффициентов фильтрации для различных участков пласта можно производить сложение течений, возникающих при действии скважин, так же как и в однородных пластах.

Пусть, например, в пласте намечено эксплуатировать n скважин с дебитом $Q_j^{(0)}$ ($j = 1, \dots, n$), причем, коэффициенты фильтрации пласта на участках расположения этих скважин равны K_1, \dots, K_n .

Для унификации расчетных формул можем пользоваться «относительной зональной проницаемостью пласта», выраженной отношением:

$$\beta^* = \frac{K_j}{K_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где K_j — коэффициент фильтрации на участке расположения j -ой скважины; $K_{\text{ср}}$ — средний для всей группы скважин коэффициент фильтрации.

Для напорных пластов аналогичным путем можно учесть различия в мощности пласта. В этом случае следует ввести величину «относительной зональной мощности пласта»:

$$\beta^{**} = \frac{\bar{m}_j}{\bar{m}_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где \bar{m}_j — мощность пласта в месте заложения j -ой скважины; $\bar{m}_{\text{ср}}$ — средняя доля всей группы скважин мощности пласта.

Указанный приближенный прием расчета при небольших различиях в водопроницаемости пластов применим не только в тех случаях, когда водоносный пласт является неоднородным в плане, но также и при неоднородности его строения по вертикале, т. е.

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^n K_j \bar{m}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{m}_j}, \quad (3)$$

где K_j — коэффициент фильтрации каждого j -го слоя ($j = 1, \dots, n$); \bar{m}_j — его мощность.

Аналогичным образом надо брать «средневзвешенные» значения всех гидрогеологических параметров.

С учетом указанных средних значений параметров, понижения уровней подземных вод в любой точке пласта для группы взаимодействующих скважин, расположенных любым образом, при различных случаях откачки из водоносных горизонтов могут быть представлены следующим образом.

1. При откачке воды через скважины с постоянным суммарным расходом из двух напорных водоносных горизонтов [3] получаем:

$$S_i(r, t) = n S_{\text{эк}}(t) - \frac{Q_{\text{ср}}}{4\pi T_{\text{ср}}} \sum_{j=1}^n \alpha_j R_{ij}^{(1)}(r, t) - \frac{\Delta H_{\text{ср}}}{4T_{\text{ср}}} T_{\text{иср}} \sum_{j=1}^n \bar{\Delta H}_j R_{ij}^{(2)}(r, t) + \frac{\delta_j}{4T_{\text{ср}}} T_{\text{иср}} \sum_{j=1}^n R_{ij}^{(3)}(r, t) \quad (4)$$

$$(i = 0, 1, 2, j = 1, \dots, n),$$

где

$$T_{\text{ср}} = \bar{m}_{1\text{ср}} K_{1\text{ср}} \sum_{j=1}^n \beta_{1j}^* \beta_{1j}^{**} + \bar{m}_{2\text{ср}} K_{2\text{ср}} \sum_{j=1}^n \beta_{2j}^* \beta_{2j}^{**};$$

$$T_{\text{иср}} = \bar{m}_{\text{иср}} K_{\text{иср}} \sum_{j=1}^n \beta_{1j}^* \beta_{1j}^{**}; \quad \alpha_j = \frac{Q_j}{Q_{\text{сум}}}; \quad Q_{\text{сум}} = \sum_{j=1}^n Q_j;$$

$$\bar{\Delta H} = \frac{\Delta H_j}{\Delta H_{\text{ср}}}; \quad \Delta H_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta H_j \omega_j}{\sum_{j=1}^n \omega_j} = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta H_j}{n}. \quad (5)$$

При одинаковых гидрогеологических условиях и расходах скважин система уравнений (4) принимает вид

$$S_i(r, t) = nS_{i0}(t) - \frac{Q}{4\pi T} \sum_{j=1}^n R_{ij}^{(1)}(r, t) - \frac{\Delta H}{4T} T_1 \sum_{j=1}^n R_{ij}^{(2)}(r, t) + \frac{\delta_1}{4T} T_1 \sum_{j=1}^n R_{ij}^{(3)}(r, t) \quad (6)$$

($i = 0, 1, 2, j = 1, \dots, n$).

При больших значениях времен откачки из группы взаимодействующих скважин расчетные формулы (4) и (6) записываются в виде:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}^{(n)}(t) + \sum_{j=1}^n M_j^{(1)} R_j^{(1)}(r, t) \mp \sum_{j=1}^n M_{1,2}^{(j)}, \quad (7)$$

где

$$\sum_{j=1}^n M_j^{(1)} = \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi T_{\text{ср}}} \sum_{j=1}^n \alpha_j + \frac{1}{2T_{\text{ср}} C_{\beta_0}^3} (A^0 B_1^0 T_{\text{ср}} - B_2^0 T_{2\text{ср}}) \times$$

$$\times \left(\Delta H_{\text{ср}} \sum_{j=1}^n \bar{\Delta H}_j - \frac{\delta_1}{d_1} \right);$$

$$\sum_{j=1}^n M_1^{(j)} = \frac{A^0 B_1^0}{C_{\beta_0}^3} \sum_{j=1}^n \beta^{(j)} \left(\Delta H_{\text{ср}} \sum_{j=1}^n \bar{\Delta H}_j - \frac{\delta_1}{d_1} \right);$$

$$\sum_{j=1}^n M_2^{(j)} = \frac{B_2^0}{C_{\beta_0}^3} \sum_{j=1}^n \beta^{(j)} \left(\Delta H_{\text{ср}} \sum_{j=1}^n \bar{\Delta H}_j - \frac{\delta_1}{d_1} \right);$$

$$R_j^{(1)} = \ln \frac{2,25 a^* t}{r_j^2}; \quad \beta^{(j)} = K_0 \left(\sqrt{\frac{r_j^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right);$$

$$\beta_0 = K_0 \left(\sqrt{\frac{r_0^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right). \quad (8)$$

В (7) знак минус и индекс «один» функции $M_{1,2}$, относятся к покровному и I напорному слоям, а знак плюс и индекс «два» — к II напорным горизонтам.

Если не учитывать инфильтрационное питание и принимать равные напоры I и II водоносных горизонтов, то из (7) получаем:

$$S_i(r, t) = \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi T_{\text{ср}}} \sum_{j=1}^n \alpha_j R_j^{(1)}(r, t). \quad (9)$$

2. При откачке воды через скважины с постоянным расходом из верхнего напорного горизонта [6] аналогично предыдущему получаем:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}(t) + \frac{Q_{\text{исп}}}{4\pi T_1} \sum_{j=1}^n \alpha_j R_j^{(n)}(r, t) \quad (10)$$

$$(i = 0, 1, 2, \quad j = 1, \dots, n).$$

При одинаковых гидрогеологических условиях и расходах группы скважин расчетные формулы (10) принимают вид:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}(t) + \frac{Q_1}{4\pi T_1} \sum_{j=1}^n R_{ij}^{(n)}(r, t). \quad (11)$$

При больших значениях времен откачки расчетные формулы (10) записываются в виде:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}^{(0)}(t) + \frac{Q_{\text{исп}}}{4\pi T_{\text{исп}}} \left[\sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{B_2^0}{C} R^{(0)}(r_j, t) + A_1 \sum_{j=1}^n K_0 \left(\sqrt{\frac{r_j^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right) \right], \quad (12)$$

где

$$A_{0,1} = \frac{2A^0 B_1^0}{C}; \quad A_2 = -\frac{2B_2^0}{C}.$$

При одинаковых гидрогеологических условиях уравнение (12) принимает вид:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}^{(0)}(t) + \frac{Q_1}{4\pi T_1} \left[\frac{B_2^0}{C} \sum_{j=1}^n R^{(0)}(r_j, t) + A_1 \sum_{j=1}^n K_0 \left(\sqrt{\frac{r_j^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right) \right], \quad (13)$$

3. При откачке воды через скважины с постоянным расходом из нижнего напорного горизонта [5] аналогично предыдущему получаем:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}(t) - \frac{Q_{\text{исп}}}{3\pi T_{\text{исп}}} \sum_{j=1}^n \alpha_j R_j^{(n)}(r, t) \quad (14)$$

$$(i = 0, 1, 2, \quad j = 1, \dots, n).$$

При одинаковых гидрогеологических условиях и равных расходах группы скважин расчетные формулы (14) принимают вид:

$$S_i^{(n)}(r, t) = nS_{i0}(t) - \frac{Q_1}{4\pi T_2} \sum_{j=1}^n R_j^{(n)}(r, t). \quad (15)$$

При больших значениях времени откачки уравнения (14) переписываются в виде:

$$S_i^{(u6)}(r, t) = nS_i^{(6)}(t) + \frac{A^0 B_1^0 Q_{гггг}}{4\pi T_{ггг}} \left[\sum_{j=1}^n \alpha_j R^{(u6)}(r_j, t) + B_j \sum_{j=1}^n K_0 \left(\sqrt{\frac{r_i^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right) \right] \quad (16)$$

где

$$B_{0,1} = -\frac{2B_1^0}{C}, \quad B_2 = -B_{0,1}.$$

При одинаковых гидрогеологических условиях и равных расходах группы скважин уравнение (16) принимает вид:

$$S_i^{(u6)}(r, t) = nS_{i0}^{(6)}(t) + \frac{A^0 B_1^0 Q_g}{C} \frac{1}{4\pi T_2} \left[R^{(u6)}(r_j, t) + B_1 \sum_{j=1}^n K_0 \left(\sqrt{\frac{r_i^2 C b_0}{A^0 a_1}} \right) \right] \quad (17)$$

Интегральные функции $R(r, t)$ табулированы для различных значений гидрогеологических параметров.

Предлагаемые расчетные формулы позволяют разрешить сложные гидрогеологические задачи, связанные с вопросами осушения и использования подземных вод.

Армсельхозинститут

15. IV. 1935

И. В. ՂԱԶԱՅԱՆ

ՐԱԶՄԱՆԵՐԻՑ ԾՄԱՆՅՈՂ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԶՐՀՈՐԵՆԵՐԻ
ՓՈՆԵԱԶԳԻՅՑՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Գիտարկվում է բազմաշերտ ձծանցող միջավայրում տեղադրված ջրհորների փոխազդեցության հաշվարկը: Օգտվելով սուպերպոզիցիայի մեթոդից և առանձին ջրհորների տարբեր ուժի մենբրով աշխատանքի տեսական լուծումներից, առաջարկվում են հաշվային բանաձևեր հողաշերտի կամայական կետերում ստորերկրյա ջրերի իջեցումների որոշման համար՝ ջրհորների համակարգի համասեղ աշխատանքի պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Маскет М. Течание однородных жидкостей в пористой среде.— М.: Гостехиздат, 1948.— 628 с.

2. *Полубаринова-Кочина П. Я.* Теория движения грунтовых вод.— М.: Наука, 1977.— 664 с.
3. *Бочевер Ф. М., Верисин Н. И.* Методические пособия по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод.— М.: Гостехиздат, 1961.— 199 с.
4. *Казарян С. М.* Движение подземных вод к скважине в неоднородно-слоистом пласте при откачке из двух слоев.— Изв. АН СССР, МЖГ, № 6, 1985, с. 175—179.
5. *Казарян С. М.* Движение подземных вод к скважине в неоднородно-слоистом пласте при откачке из нижнего напорного водоносного горизонта.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1984, XXXVII, № 6, с. 17—25.
6. *Казарян С. М.* Движение подземных вод к скважине в неоднородно-слоистом пласте при откачке из верхнего напорного водоносного горизонта.— В сб. Межуза. Журн. сер. Механика, ЕГУ, 1985, № 4, с. 117—129.