УДК 621.321.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА В ДВУХСЛОЙНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Герасименко Ю.Я., д.т.н., профессор; Рощина Т.К., ассистент
(Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), г. Новочеркасск, Россия)

Рассматривается двухслойная система «солевой раствор - пелоид» (рис. 1).

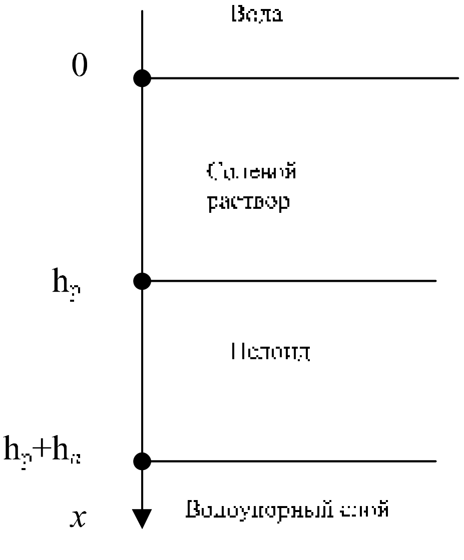

Рис. 1. Схема двухслойного месторождения.

Вывести данную систему из установившегося режима может изменение хотя бы одного из следующих параметров: коэффициента диффузии солевого раствора D_p, коэффициент диффузии пелоида $D_п$, коэффициента массопередачи β на границе раздела «вода - солевой раствор». Обозначим возмущенные значения этих параметров символами $\tilde{D}_p$, $\tilde{D}_п$ и $\tilde{\beta}$ соответственно. Математическая модель пространственно-временного распределения концентрации соли $C(x,t)$ представляет собой начально-краевую задачу относительно этого распределения:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \tilde{D}_p \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \ x \in [0; h_p]; \qquad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial x}(0;t) = \tilde{\beta}\, C(0;t); \qquad (2)$$

$$C(x;0) = a_1 x + a_0, \quad x \in [0; h_p]\ ; \qquad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \tilde{D}_п \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad x \in [h_p; h_p + h_п]; \qquad (4)$$

$$C(h_p + h_п;\, t) = C_0\ ; \qquad (5)$$

$$C(x;0) = b_1 x + b_0, \quad x \in [h_p; h_p + h_п]. \qquad (6)$$

На границе раздела «солевой раствор - пелоид» должны выполняться следующие условия сопряжения:

$$C(h_p - 0; t) = C(h_p + 0; t); \qquad (7)$$

$$\tilde{D}_p \frac{\partial C}{\partial x}(h_p - 0; t) = \tilde{D}_1 \frac{\partial C}{\partial x}(h_p + 0; t). \qquad (8)$$

Задачу (1)-(8) решаем операторным методом Лапласа. Получаем краевую задачу относительно $\overset{o}{C}(x;\ p)$ следующего содержания:

$$p\overset{o}{C}(x;p)-a_1x-a_{fj}=\tilde{D}_р\frac{d^2\overset{o}{C}(x;p)}{dx^2}\ ,\ x\in\left[0;h_р\right]; \tag{9}$$

$$\frac{d\overset{o}{C}}{dx}(0;p)=\tilde{\beta}\,\overset{o}{C}(0;p)\ ; \tag{10}$$

$$p\overset{o}{C}(x;p)-b_1x-b_{fj}=\tilde{D}_п\frac{d^2\overset{o}{C}(x;p)}{dx^2}\ ,\ x\in\left[h_р;h_р+h_п\right]; \tag{11}$$

$$\overset{o}{C}(h_р+h_п;p)=\frac{C_{fj}}{p} \tag{12}$$

с условиями сопряжения

$$\overset{o}{C}(h_р-0;p)=\overset{o}{C}(h_р+0;p); \tag{13}$$

$$\tilde{D}_р\frac{d\overset{o}{C}}{dx}(h_р-0;p)=\tilde{D}_1\frac{d\overset{o}{C}}{dx}(h_р+0;p). \tag{14}$$

Решения краевой задачи (9)-(14) относительно $\overset{o}{C}(x;\ p)$ имеют вид:

для $\left(0\le x\le h_р\right)$,

$$\overset{o}{C}(x;p)=\frac{\tilde{D}_п b_1-\tilde{D}_р a_1}{p}\cdot\frac{\operatorname{sh}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_п}}h_п\left(\operatorname{sh}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}x+\dfrac{1}{\tilde{\beta}}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}\operatorname{ch}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}x\right)}{\Delta(p)}+ \tag{15}$$

$$+\frac{a_1x+a_{fj}}{p}\quad ,$$

для $\left(h_р\le x\le h_р+h_п\right)$,

$$\overset{o}{C}(x;p)=\frac{\tilde{D}_п b_1-\tilde{D}_р a_1}{p}\times$$

$$\times\frac{\left(\operatorname{sh}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}h_р+\dfrac{1}{\tilde{\beta}}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}\operatorname{ch}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_р}}h_р\right)\operatorname{sh}\sqrt{\dfrac{p}{\tilde{D}_п}}(h_р+h_п-x)}{\Delta(p)}+\frac{b_1x+b_{fj}}{p}\ , \tag{16}$$

где

$$\Delta(p)=\tilde{D}_{\text{г}}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}\left(\operatorname{ch}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}h_{\text{г}}+\frac{1}{\tilde{\beta}}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}\operatorname{sh}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}h_{\text{г}}\right)\operatorname{sh}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{п}}}}h_{\text{п}}+$$

$$+\tilde{D}_{\text{п}}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{п}}}}\left(\operatorname{sh}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}h_{\text{г}}+\frac{1}{\tilde{\beta}}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}\operatorname{ch}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{г}}}}h_{\text{г}}\right)\operatorname{ch}\sqrt{\frac{p}{\tilde{D}_{\text{п}}}}h_{\text{п}}\ . \qquad (17)$$

Формулы (15)-(17) дают исчерпывающую информацию о пространственно-временном распределении концентрации соли в двухслойном месторождении. Если в них выполнить разложения в степенные ряды (усеченные) гиперболических функций [1,2], то можно получить аналитические зависимости $C(x,t)$, а если использовать предельные теоремы операционного исчисления, то легко записываются новые установившиеся значения концентраций:

$$C(x)=C_0\frac{\tilde{D}_{\text{п}}\tilde{\beta}}{\tilde{K}}\cdot x+C_0\frac{\tilde{D}_{\text{п}}}{\tilde{K}},\quad x\in\left[0;h_{\text{р}}\right];$$

$$C(x)=C_0\frac{\tilde{D}_{\text{р}}\tilde{\beta}}{\tilde{K}}\cdot x+C_0\frac{\tilde{D}_{\text{п}}+\tilde{\beta}\,h_{\text{р}}(\tilde{D}_{\text{п}}-\tilde{D}_{\text{р}})}{\tilde{K}},\quad x\in\left[h_{\text{р}};h_{\text{р}}+h_{\text{п}}\right],$$

где $\tilde{K}=\tilde{\beta}\left(\tilde{D}_{\text{р}}\left(h_{\text{р}}+h_{\text{п}}\right)+\tilde{D}_{\text{п}}h_{\text{р}}\right)+\tilde{D}_{\text{п}}$.

Полученные зависимости позволяют прогнозировать поведение двухслойных месторождений как в динамическом, так и в установившемся режимах.

Перечень ссылок

1. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного.– М.: Наука, 1977. – 444 с.
2. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971. – 1008 с.

УДК 622.8.7.

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ И СИСТЕМАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАХТ

Булыч А.С., магистрант; Малеев В.Б., проф., д.т.н.; Гого В.Б., доц., к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Современное состояние энергетики Украины имеет ряд проблем, обусловленных несоответствием между существующими объемами потребления и предложения собственных первичных энергоресурсов, низкой эффективностью их использования при напряженном воздействии на окружающую среду.

Генеральной идеей предлагаемой концепции является снижение энергетической и, взаимосвязанной с ней, экологической напряженности в условиях угольных предприятий Донбасса на основе децентрализации производства электроэнергии путем перехода к локальной (автономной) системе комбиниро-