
УДК 556.491:622

Математические модели изменения гидрогеологических условий в зоне влияния шахтного водоотлива

Г.П. Евграшкина, О. Е. Калинкина

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Созданы математические модели применительно к условиям эксплуатации угольных шахт Западного Донбасса. В основу их математического обоснования положена классическая теория одиночных и взаимодействующих скважин в установившемся и неустойчивом режиме движения подземных вод. Каждая шахта рассмотрена как скважина с большим диаметром. Определена и проанализирована степень адекватности модели фактическим гидрогеологическим условиям путем сопоставления результатов расчета параметров депрессионной воронки с режимными наблюдениями, выполненными Павлоградской геолого-разведочной экспедицией в зоне влияния шахтного водоотлива.

Ключевые слова: математическая модель, теория скважин, режимные наблюдения, адекватность, депрессионная воронка, подземные воды.

Mathematical models of change hydrogeological conditions in the zone of influence of water drainage

G. P. Yevgrashkina, O. E. Kalinkina

Oles Honchar Dnipropetrovs'k national university

Created mathematical models applied to the conditions of operation of coal mines of Western Donbass. The basis of their mathematical foundation laid classical theory of single and interacting drill hole in steady and unsteady modes of movement of groundwater. Each mine considered as drill hole with a larger diameter. Identify and assess the adequacy of the model actual hydrogeological conditions by comparing the results of calculation of parameters of the depression funnel with the regime observations made Pavlograd prospecting expedition in the zone of influence of water drainage.

Key words: mathematical model, the theory of drill hole, monitoring observations, adequacy, depression crater, groundwater.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Карла Маркса, 36, м. Дніпропетровськ, 49044, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovs'k National University, K. Marxa, 36, Dnipropetrovsk, 49044, Ukraine.

Tel.: +38-063-529-14-54. E-mail: olga_miraclesabadash@mail.ru

Введение. Теория современного гидрогеологического мониторинга содержит обязательную составляющую – математическую модель изменения гидрогеологических условий исследуемого региона в пространстве и времени под влиянием комплекса техногенных факторов. С помощью математической модели можно решать все виды гидрогеологических задач: прямые, обратные, индуктивные, обобщенные, инверсные. Результаты решения служат научным обоснованием комплекса природоохранных мероприятий гидрогеологической направленности.

Первые результаты по этой проблеме опубликованы в работе [4]. Впервые выполнено гидродинамическое обоснование закрытия шахт «Первомайской», «Терновской» и «Благодатной» в Западном Донбассе в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Украины «О реструктуризации угольной промышленности». Природоохранные аспекты этой проблемы в региональном освещении для всей территории Донецкого угольного бассейна рассмотрены в работах [1; 2]. Первый вариант математической модели изменения гидрогеологических условий территории в зоне влияния восточной группы шахт представлен в [5]. Настоящая статья является дальнейшим развитием и продолжением ранее выполненных исследований, в ней решены задачи, имеющие более сложное математическое описание.

Материал и методы исследований. Все месторождения полезных ископаемых в Украине в разной степени обводнены. В процессе эксплуатации шахт горные выработки осушают. На прилегающих территориях формируется депрессионная воронка. Для условий эксплуатации угольных шахт Западного Донбасса построены математические модели изменения гидрогеологических условий прилегающих территорий. В основу их математического обоснования положена классическая теория одиночных и взаимодействующих скважин в установившемся и неуставившемся режимах движения подземных вод. Основной принцип создания моделей – каждая шахта рассматривается как скважина с большим диаметром. Задачи по тематике шахтного водоотлива решаются для гидрогеологического обоснования оптимальных условий эксплуатации, оценки инвестиционной привлекательности действующих шахт, закрытия нерентабельных и по окончании срока их эксплуатации.

Процесс движения подземных вод к скважине с большим диаметром (в нашем случае – к шахте) в радиальной системе координат описывается следующими уравнениями:

1) в установившемся режиме фильтрации [3]:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = 0; \quad (1)$$

2) в неуставившемся режиме [4]:

$$\frac{\alpha^*}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = \frac{\partial H}{\partial t}. \quad (2)$$

Уравнение (1) имеет аналитическое решение для задачи с граничными условиями $Q = \text{const}$, $H_R = H_0$:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R}{r}, \quad (3)$$

$$R = 1,5\sqrt{at}. \quad (4)$$

Для уравнения (2) с аналогичными условиями предложено решение [3]

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25a^*t}{r^2}. \quad (5)$$

Формула для расчета понижения в трёх взаимодействующих скважинах содержит 3 слагаемых вида (3) или (5) в зависимости от постановки решаемой задачи. Например, для шахты «Первомайской» в установившемся режиме фильтрации она имеет следующий вид:

$$S_1 = \frac{Q_1}{2\pi T_1} \ln \frac{R_1}{r_1} + \frac{Q_2}{2\pi T_2} \ln \frac{R_2}{r_2} + \frac{Q_3}{2\pi T_3} \ln \frac{R_3}{r_3}, \quad (6)$$

$$S_1 = \frac{Q_1}{4\pi T_1} \ln \frac{2,25a_1^*t}{r_1^2} + \frac{Q_2}{4\pi T_2} \ln \frac{2,25a_2^*t}{r_{2-1}^2} + \frac{Q_3}{4\pi T_3} \ln \frac{2,25a_3^*t}{r_{3-1}^2}. \quad (7)$$

В математических выражениях (1) – (7) приняты такие обозначения: H – гидродинамический напор, м; r – радиальная пространственная координата, м; a^* – коэффициент пьезопроводности, м²/сут; Q – величина шахтного водоотлива, м³/сут; H_0 – ненарушенный водоотливом гидродинамический напор, м; S – понижение подземных вод под влиянием водоотлива в шахте и на прилегающих территориях, м; R – радиус влияния, м; t – время прогнозного или эпигнозного расчета, сут; r_{1-2} , r_{1-3} – расстояние между шахтами, м.

Гидрогеологическая характеристика восточной группы шахт представлена в таблице, схема расположения – на рис. 1.

Гидрогеологическая характеристика восточной группы шахт

Номер шахты	Наименование шахты	Год введения в эксплуатацию	Глубина горных выработок, м	Величина шахтного водоотлива, тыс. м ³ /сут	Водопроницаемость осушенного слоя T , м ² /сут	Минерализация шахтных вод, г/дм ³	Радиус шахт, м	Средняя водоотдача, м, доли единиц	Уровнепроводность, a , м ² /сут
1	«Первомайская»	1963	180-200	12,33	132	2,9	3,0	0,1	1320,0
2	«Степная»	1965	145-250	21,0	140	3,5	3,0	0,11	1272,7
3	«Юбилейная»	1970	180-230	24,39	173	2,2	3,0	0,13	1330,8

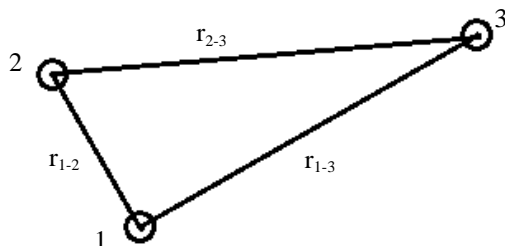


Рис. 1. Схема расположения восточной группы шахт

Результаты и их анализ. Павлоградская геолого-разведочная экспедиция в 1995 г. выполнила максимальный объем режимных наблюдений и построила для исследуемой территории фактическую депрессионную воронку с контуром 1 м понижения. Сопоставление результатов эпигнозных расчетов с данными режимных наблюдений дают возможность доказать степень адекватности модели природным условиям. Фактическая и расчетная депрессионные кривые 1 м понижения поданы на рис. 2.

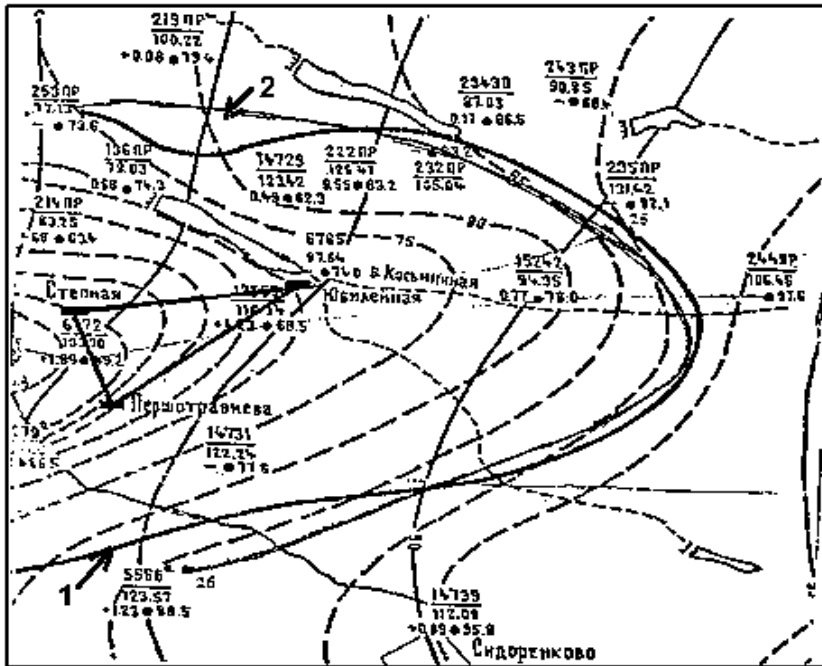


Рис. 2. Депрессионная кривая 1 м понижения гидродинамического напора:

1 – фактическая; 2 – расчетная

■ – шахты; - - - - - пьезоизогипсы водоносного комплекса палеогеновой системы;

14731

• 122,74 – наблюдательные скважины: числитель – номер скважины; знаменатель –

абсолютная отметка устья

Полного совпадения не было достигнуто. Погрешность приведена для точек минимального и максимального расхождения. Точка 25 расположена на расстоянии 6100 м на восток от шахты «Юбилейная» на пересечении токовой линии с изолинией 1 м понижения фактической депрессионной воронки. Расчетная длина на математической модели составляет 5628,4 м. Погрешность δ (%) находим по формуле

$$\delta, \% = \frac{c - c_1}{c} 100, \quad (8)$$

где c – результат режимных наблюдений, м; c_1 – результат теоретического решения, м;

$$\delta, \% = \frac{6100 - 5628,4}{6100} 100 = +7,7 \%$$

Данный результат является достаточно надежным подтверждением адекватности математической модели гидрогеологическим условиям исследуемого объекта.

Расчетная точка 26 расположена к югу от шахты «Первомайской» по токовой линии, перпендикулярной к депрессионной кривой. Она характеризуется максимальной погрешностью. Фактическое расстояние до линии понижения 1 м равно 3000 м, расчетное – 4200 м.

$$\delta, \% = \frac{3000 - 4200}{3000} 100 = -40 \%$$

Погрешности остальных расчетных точек изменяются в интервале приведенных результатов.

Выводы. Методика оценки адекватности модели требует дальнейшего развития и усовершенствования. Для участков с максимальной погрешностью необходима проверка, уточнение и корректировка гидрогеологических параметров путем решения серии инверсных задач и дополнительных полевых определений. Целесообразно применение методических приемов более широкого круга. На решение этих задач будут направлены наши дальнейшие исследования.

Библиографические ссылки

1. **Ermakov, V. N.** Application for dewatering flooded areas liquidated mines [Text] / V. N. Ermakov, O. A. Ulyckyj // Ecology Environment and life safety. – 2003. – № 6. – P. 45–47 (in Russia).

2. **Jakovlev, E. A.** Effect of mine closure to activate processes of flooding and complexity of ecological and geological condition of the territory [Text] / E. A. Jakovlev, V. A. Sljadnev, N. A. Jurkova // Ecology Environment and life safety. – 2003. – №6. – P. 42–44 (in Russia).

3. **Mironenko, V. A.** The dynamics of groundwater [Text] / V. A. Mironenko. – M.: Nedra, 1983. – 360 p (in Russia)

4. **Yevgrashkina, G. P.** Hydrogeological aspects of the closure of mines in the Western Donbass [Text] / G. P. Yevgrashkina // Ecology Environment and life safety. – 2005. – №1. – P. 20–22 (in Russia).

5. **Yevgrashkina, G. P.** Mathematical models of hydrogeological conditions change areas in the zone of influence the mine drainage [Text] / G. P. Yevgrashkina, O. E. Kalinkina // Problems of hydrogeology at the present stage. – K., 5–6 nov., 2011 – P. 65–66 (in Ukraine).

Надійшла до редколегії 26.02.2015