Записки Санкт-Петербургского горного института
Т. 136. СПб, 1993

УДК 622.245.35:622.248.3

Д.Н.БАШКАТОВ
(Московский геолого-разведочный ин-т),
В.А.БЛОШИЦЫН
(Кабардино-Балкарский агромелиоративный ин-т)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДЕБИТА ГРИФОНА В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИНАХ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

Возникновение грифонов и межколонных водогазопроявлений вызывает тяжелые последствия. На ликвидацию грифонов затрачивается значительное количество материальных средств и времени. Например, на Нагутском месторождении минеральных вод затраты на ликвидацию грифонов на буровой Р-2 превысили 2,5 млн.руб. Длительное время грифонировали скважины I-КМВ (г.Ессентуки), 47-Б ИС (г.Нальчик), 101 Малкинского участка и 15-Р Советского участка (Кабардино-Балкария). В результате вокруг скважин образовались заполненные водой кратеры. По причине межпластовых перетоков в скважине 2-Р на курорт Нальчик прекратилась подача минеральной воды. Было принято решение срочно пробурить новую эксплуатационную скважину, так как ремонтные работы не дали положительного эффекта. На месторождениях минеральных вод Северного Кавказа зарегистрированы еще десятки случаев грифонирования и выбросов углекислой минеральной воды.

Месторождения углекислых вод обычно приурочены к трещинным зонам разломов или к пластово-трещинным коллекторам. В силу специфики геологических условий процессы бурения и крепления скважин постоянно сопровождаются различными осложнениями (поглощениями промывочной жидкости, выбросами минеральной воды и газа и пр.).

Разработанная нами классификация [1] водогазопроявлений по степени интенсивности их проявлений позволяет при проектировании новых скважин прогнозировать характер процесса и состояние ствола скважины, что дает возможность разработать комплекс мер по предотвращению возможного водогазопроявления. Однако в случае возникновения водогазопроявления мы не можем сказать, какой будет его величина. Предлагаем один из возможных вариантов решения данной задачи: попытаемся определить дебит заколонного грифона в случае его возникновения после проведения цементирования обсадной колонны в скважине, исходя из рассмотрения задачи движения пластовой минеральной воды по стволу грифона.

При самоизливе общая формула для определения дебита имеет вид [2]

$$Q = 2\pi\, km S_0 G(f_0), \qquad (1)$$

где km – водопроводность водоносного горизонта, $м^2/с$; S_0 – понижение

уровня, S_0 $p_{пл}$ h, вод.ст; $p_{пл}$ – пластовое ие, вод.ст; h – глубина кровли пласта, $G(f_0)$ – безразмерное гидравлическое сопротивление,

$$G(f_0)=\frac{4}{\pi}\int_0^{\infty} e^{-\lambda f_0}\frac{d\lambda}{\lambda\left[I_0^2(\lambda)+N_0^2(\lambda)\right]};$$

λ – параметр интегрирования; f_0 at^2/r^2 – параметр безразмерного времени; I_0 и N_0 – функции Бесселя первого и второго рода от действительного аргумента нулевого и первого порядка.

После цементирования затрубного пространства скважины в случае возникновения проявления дебит (расход) проявления из заколонного пространства или ствола грифона можно определить по формуле

$$Q_1=2\pi khm(S_0-\Delta H)G(f_0),$$

где ΔH – потери напора при движении жидкости по затрубному пространству, м вод.ст, если $\Delta H > S_0$, то водопроявления не будет.

Уравнения (I) и (2) выведены для неустановившегося движения жидкости.

В связи с тем, что месторождения минеральных углекислых вод приурочены к тектоническим нарушениям, их можно схематизировать как пласт – полоса. В аналогичной задаче о движении газированной жидкости в пласте – полосе длиной L можно считать (учитывая, что роль коэффициента пьезопроводности играет постоянный множитель $kp_{пл}\bar{\omega}/n\mu_ж$), что неустановившееся состояние практически заканчивается по истечении времени [3]

$$t=\frac{n\mu_ж L^2}{2kp_{пл}\bar{\omega}}, \qquad (3)$$

где n – пористость продуктивного пласта; k – проницаемость пласта; $p_{пл}$ – пластовое давление; $\mu_ж$ – коэффициент динамической вязкости жидкости; L – длина пласта; $\bar{\omega}=e^{\sigma-1}$; σ – насыщенность жидкости газом.

Промежуток времени резкого падения дебита до его стабилизации называют пусковым периодом. Судя по опытно-эксплуатационным выпускам на Малкинском, Приэльбрусском и других месторождениях минеральных вод, этот период не превышает двух суток. Следовательно, по истечении двух суток величину $G(f_0)$ можно считать постоянной. В этом случае будет справедливо

$$Q_0/Q_1=S_0/(S_0-\Delta H). \qquad (4)$$

Выражая ΔH через закон Дарси, находим

$$\Delta H=\frac{v\mu_ж l}{k}, \qquad (5)$$

где v – скорость движения жидкости по затрубному пространству; l – высота цементации; k – средняя проницаемость ствола грифона.

Подставляя значения ΔH в формулу (4), находим

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{S_0}{S_C - v\dfrac{\mu_ж l}{k\gamma}} \qquad \frac{Q_0}{Q_1} = \frac{S_0}{S_0 - \dfrac{Q_1 \mu_ж l}{Fk\gamma}}, \tag{6}$$

где γ - плотность газированной жидкости; F - средняя площадь затрубного пространства.

Упрощая выражение (6), получаем приближенную формулу, по которой можно рассчитывать прогнозные расходы водогазопроявлений (грифонов) на месторождениях минеральных вод:

$$Q_1 = \frac{Q_0}{1 + \dfrac{Q_0 l \mu_ж}{S_0 F k \gamma}}. \tag{7}$$

В качестве примера можно привести данные расчетов дебитов грифонов на месторождениях углекислых минеральных вод Кабардино-Балкарии (табл.I, 2).

Таблица 1

Расчетные значения параметров для Приэльбрусского месторождения углекислых минеральных вод

Номер скважины	Напор над устьем, м	Дебит при самоизливе, л/с	Длина цементации, м	Дебит грифонов, л/с	Средняя площадь затрубного пространства, $м^2$	$\dfrac{\mu_ж}{k\gamma} = \dfrac{S_0 - S_0 \dfrac{Q_1}{Q_0}}{l Q_1}$	Для формулы (9)
331	3,74	10 0	30	2,0	160×10^{-4}	$9,2 \times 10^{-6}$	176,4
334	39,0	7,0	113	3,0	120×10^{-4}	$9,0 \times 10^{-6}$	261,3
443	15,45	1,0	45	0,8	240×10^{-4}	$10,5 \times 10^{-6}$	78,3
330	1,30	0,4	48	0,3	346×10^{-4}	$8,9 \times 10^{-6}$	25,9

Таблица 2

Расчетные значения параметров для Малкинского месторождения углекислых минеральных вод

Номер скважины	Напор над устьем, м	Дебит при самоизливе, л/с	Дебит грифонов, л/с	Длина цементации, м	Средняя площадь затрубного пространства, $м^2$	$\dfrac{\mu_ж}{k\gamma} = \dfrac{S_0 - S_C \dfrac{Q_1}{Q_C}}{l Q_1}$	Для формулы (9)
94	5,83	3,0	,0	332	105×10^{-4}	$1,47 \times 10^{-6}$	109,7
93	6,80	15,0	5,0	315	190×10^{-4}	$0,68 \times 10^{-6}$	311,5
101	18,01	450	150	43	453×10^{-4}	$0,97 \times 10^{-6}$	12750,9
88	2[illegible]	80	50	27	116×10^{-4}	$0,99 \times 10^{-6}$	4310,0
	5,51	2,5	1,2	375	158×10^{-4}	$1,17 \times 10^{-6}$	111,9

Зная по пробуренным скважинам значения Q_0, Q_1, S_0, F, l, можно по формуле (6) определить

$$\frac{\mu_ж}{k\gamma} = \frac{S_0 - S_0 \frac{Q_1}{Q_0}}{lQ_1}. \qquad (8)$$

Полученные значения $\mu_ж/(k\gamma)$, а следовательно, и проницаемости горных пород, по которым проходит фильтрация (стволы грифонов), имеют близкие значения для указанных месторождений.

Зависимость расчетного дебита водогазопроявлений от значения

$$\frac{Q_0}{1+Q_0 l \mu_ж/(S_0 F k\gamma)}, \qquad (9)$$

легко аппроксимируется прямой линией. Этот пример показывает реальную возможность расчета по формуле (7) прогнозных расходов водогазопроявлений на данных месторождениях.

Нами определены средние значения $\mu_ж/k\gamma$ для месторождений углекислых минеральных вод: Приэльбрусского $9\cdot10^{-6}$; Малкинского $1\cdot10^{-6}$.

Физический смысл уравнения (7) наиболее хорошо виден из разности дебитов Q_0 и Q_1. Обозначим эту разность

$$\Delta Q = Q_0 - Q_1 = 2\pi k m G(f_0)\Delta H = 2\pi k m G(f_0)\frac{Q_1 \mu_ж l}{F k\gamma}. \qquad (10)$$

Разделив обе части уравнения (10) на Q_1, получим

$$\Delta Q/Q_1 = 2\pi k m G(f_0)\mu_ж/(F k\gamma), \qquad (11)$$

т.е. относительное уменьшение разгрузки водоносного горизонта (дебит водогазопроявления) пропорционально гидрогеологическим параметрам пласта – его энергии $2\pi k m G(f_0)$, прямо пропорционально высоте цементации l, обратно пропорционально площади затрубного пространства и проницаемости пород в стволе грифона.

Можно сделать вывод: полученная аналитическим путем приближенная формула для расчета возможного дебита водогазопроявления позволяет предусмотреть необходимые меры и оборудование для борьбы с грифонами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блощицын Б.А. Причины грифонирования гидрогеологических скважин, бурящихся на углекислые минеральные воды на месторождениях Северного Кавказа, и мероприятия по их предотвращению // Материалы совещания 3-й Всероссийской школы передового опыта Мингео РСФСР / Правление НТГС центральных районов. М., 1982.

2. Бочевер Г.В. Расчет эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968.

3. Пыхачев Г.Б. Подземная гидравлика. М.: Гостоптехиздат, 1961.