Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXII, вып. 2, 1971 г.

ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВЫХ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГАЛЕРЕЙНЫМ МЕТОДОМ

В. М. Максимов, В. П. Ильин

Галерейный метод расчета дебита скважин при установившейся фильтрации, разработанный академиком А. П. Крыловым [4], широко применяется при эксплуатации нефтяных месторождений с водонапорным режимом пласта. Анализ данного метода применительно к напорным безграничным водоносным горизонтам показывает, что им вполне можно пользоваться для приближенных гидрогеологических расчетов кольцевых водозаборов подземных вод. При этом ряды эксплуатационных скважин условно заменяют одинаковыми с ними по очертанию и размерам галереями (см. рисунок). Отбор нефти из пласта с водонапорным режимом приводит к одновременному движению в нем нефти и воды, т. е. к двухфазной фильтрации, которая при гидродинамических расчетах через отношение динамических вязкостей нефти и воды заменяется как бы однофазной фильтрацией.

Если отношение $\frac{\mu_в}{\mu_н} < \frac{1}{2}$, то при расчетах дебитов скважин в условиях круговых залежей нефти можно пользоваться радиусом истинного контура питания пласта $R_к$, установленным в период разведки месторождения и определяемым особенностями его геолого-структурного строения. Если же $\frac{\mu_в}{\mu_н} \geqslant \frac{1}{2}$, пользуются радиусом приведенного контура питания пласта R_0, который для каждого ряда работающих скважин рассчитывается по формуле [4]

$$R_0 = \frac{R_к^{\frac{\mu_в}{\mu_н}}}{e^{\frac{1-\frac{\mu_в}{\mu_н}}{2}}} \cdot \frac{R_н^{\frac{1-\frac{\mu_в}{\mu_н}}{1-\left(\frac{R}{R_к}\right)^2}}}{R^{\frac{1-\frac{\mu_в}{\mu_н}}{\left(\frac{R_к}{R}\right)^2-1}}}, \qquad (1)$$

где $R_н$ — начальный контур нефтеносности, *м*; R — радиус рассматриваемого ряда скважин, равный радиусу условной галереи, *м*; $\mu_в$ и $\mu_н$ — соответственно, динамическая вязкость воды и нефти в пластовых условиях (определяется по таблицам в зависимости от температуры пласта), *спз*.

Зная R_0, дебит кольцевого ряда эксплуатационных нефтяных скважин можно определить по формуле

$$Q = \frac{2\pi kh\,\Delta P}{\mu_н \ln \frac{R_0}{R}}\,\varphi, \qquad (2)$$

где k — коэффициент проницаемости горных пород, слагающих пласт, *дарси*; h — эффективная мощность пласта, *см*; ΔP — перепад давления (депрессия), при котором производится отбор жидкости условной галереей, *ат*; φ — коэффициент галереизации — отношение дебита кольцевого ряда скважин к дебиту условной кольцевой галереи [4]

$$\varphi = \frac{1}{\frac{\sigma}{\pi R}\cdot\frac{\ln\frac{\sigma}{\pi r}}{\ln\frac{R_0}{R}} + 1} < 1, \qquad (3)$$

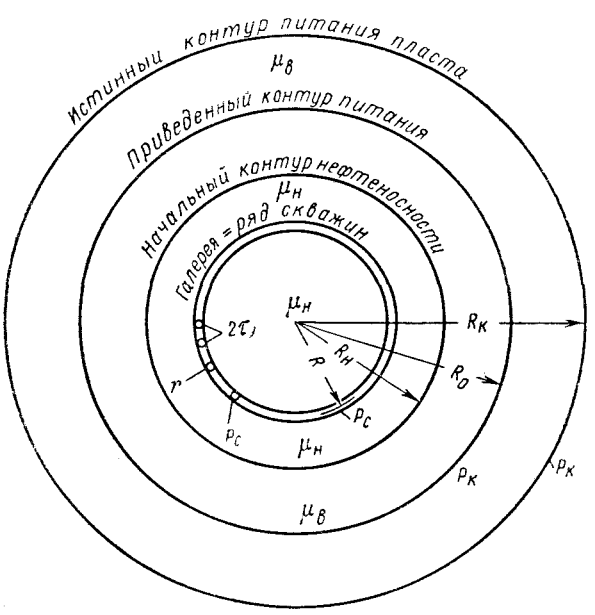


Схема круговой залежи нефти для расчета дебита кольцевого ряда скважин при водонапорном режиме пласта

где σ — половинное расстояние между скважинами, *м*; r — радиус скважины, *м*.

Если положить в формуле (2) $\mu_н = \mu_в = 1$, тогда $R_0 = R_к$.

Заменив ΔP понижением уровня S, получим формулу для расчета дебита кольцевого ряда скважин, эксплуатирующих пресные напорные воды. Для месторождений пресных напорных подземных вод формула (2) примет вид

$$Q = \frac{2\pi khS}{\ln \frac{R_к}{R}}\,\varphi, \qquad (4)$$

где Q измеряется в кубических метрах в сутки;; k — в метрах в сутки; h, s, $R_к$ и R — в метрах.

Дебит одной скважины кольцевого ряда

$$q = \frac{Q}{n}, \qquad (5)$$

где n — число скважин в кольцевом ряду, $n = \frac{\pi R}{\sigma}$.

При неустановившейся во времени воронке депрессии в формуле (4) $R_к$ можно заменить условным радиусом

$$R_t = 1{,}5\sqrt{at}, \qquad (6)$$

где a — коэффициент пьезопроводности, *м²/сутки*; t — продолжительность откачки воды из кольцевого водозабора, *сутки*.

Для месторождений промышленных подземных вод при установившемся режиме в формуле (2) $\mu_н$ заменяется вязкостью минерализованной

воды в пластовых условиях $\mu_м$ и R_0 контуром $R_к$. Дебит кольцевого ряда скважин, *см³/сек*, в этом случае рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{2\pi kh\,(P_к - P_с)}{\mu_м \ln \frac{R_к}{R}}\varphi, \qquad (7)$$

где $P_к$ — начальное пластовое давление, *ат*; $P_с$ — забойное давление в скважинах, *ат*.

В условиях неустановившейся депрессии вместо $R_к$ в формулу (7) можно подставить R_t, определяемое по зависимости (6). Дебит одной скважины кольцевого ряда также рассчитывается по уравнению (5).

Сравним результаты расчета дебита кольцевого ряда скважин для пресных вод по формуле (4) и формуле, рекомендуемой Указаниями Госстроя СССР [6]:

$$Q = \frac{4\pi kmS}{N}, \qquad (8)$$

где m — мощность напорного водоносного горизонта, *м*;

$$N = 2\ln\frac{R_t}{R} \quad \text{при} \quad \frac{at}{R^2} \geqslant 2{,}5 \quad \text{и} \quad R_t = 1{,}5\sqrt{at}.$$

Приняв исходные данные: $m = 10$ *м*, $k = 30$ *м/сутки*, $a = 5000$ *м²/сутки*, $S = 10$ *м*, $t = 1000$ *суток*, $n = 22$, $r = 0{,}1$ *м*, $R_t = 3400$ *м*, $R = 300$ *м*, $\sigma = 45$ *м*, получим дебит кольцевого ряда скважины Q по формуле (4) 6348 *м³/сутки*, по формуле (8), соответственно, 6900 *м³/сутки*.

Выводы

1. Галерейный метод вполне применим для приближенного расчета дебита скважин кольцевых водозаборов как при эксплуатации месторождений пресных напорных подземных вод, так и промышленно-ценных вод, залегающих на различных глубинах от поверхности земли.

2. Галерейный метод дает несколько заниженные результаты дебита в сравнении с методом, рекомендуемым Указаниями Госстроя СССР для кольцевых водозаборов, причем степень снижения дебита уменьшается с увеличением числа скважин в кольцевом ряду (при $n > 10$ на 1—12%, при $n < 10$ — на 13—18%). Это снижение дебита можно рассматривать как некоторый гарантийный резерв эксплуатационных запасов подземных вод. Дебит кольцевых водозаборов с числом скважин в ряду менее семи правильнее рассчитывать по формулам В. Н. Щелкачева, Ф. М. Бочевера [2, 3, 5].

3. Галерейный метод применим для безграничных напорных водоносных горизонтов вне и в области мерзлоты, особенно для подмерзлотных водоносных горизонтов, отделенных от нижней поверхности зоны мерзлоты непроницаемыми горными породами.

4. При введении в расчетные формулы вместо R_0 или $R_к$ радиуса R_t дебит кольцевых водозаборов можно рассчитывать и для условий неустановившейся депрессии во времени.

5. Галерейный метод расчета очень прост, удовлетворителен по точности и с успехом может применяться при приближенных гидрогеологических расчетах водозаборов подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкин В. Д. и др. Поиски и разведка подземных вод для крупного водоснабжения. Недра, 1969.
2. Бочевер Ф. М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. Недра, 1968.
3. Бочевер Ф. М. и др. Основы гидрогеологических расчетов. Изд. II. Недра, 1969.
4. Проектирование разработки нефтяных месторождений. Принципы и методы. Гостоптехиздат, 1962.
5. Справочное руководство гидрогеолога. Т. 1, 2. Недра, 1967.
6. Указания по проектированию сооружений для забора подземных вод. СН-325-65. Стройиздат, 1966.