

1. В о д я н и к В.И. Эластичные мембраны. — М., 1974. — 136 с. 2. Объемные гидравлические приводы/Т.М.Башта, В.В.Ермаков, И.З.Зайченко, Е.М.Хаймович. М., 1967. — 627 с. 3. П о п о в Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. — М., 1977, — 424 с.

УДК 626.862.4

В.А.НЕМИРО, канд. техн. наук (БелНИИМиВХ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ПРИЕМНОЙ И ЗАБОРНОЙ СКВАЖИНАМИ СИФОННОГО ВОДОСБОРА

При проектировании систем вертикального дренажа с сифонными водосборами возникает необходимость определения оптимального расстояния между заборными и приемной скважинами, при котором мелиоративное действие сифонных водосборов будет наиболее эффективным.

По мнению С.В.Оводова [1], в однородном водоносном пласте на достаточно большом расстоянии от скважины форма гидроизогипс и размеры воронки депрессии не зависят от числа скважин и их расположения, а определяются исключительно количеством воды, забираемым из водоносного пласта. Это справедливо при условии длительного формирования воронки. Однако если на осушаемой территории выражен микрорельеф, а процесс осушения не длительный, то период переформирования депрессионных поверхностей может сказаться на качестве осушения. Поэтому при проектировании сифонных водосборов необходимо учитывать два требования расположения скважин: условия получения максимального дебита; равномерное расположение по площади водозаборных скважин, желательно, в пониженных местах микрорельефа.

Рассмотрим условия, при которых дебит сифонного водосбора имеет максимальное значение (рис. 1) : Q_n — расход насоса; Q — расход приемной скважины; Q_c — расход сифона; S^H — понижение уровней грунтовых вод от действия приемной скважины; r — радиальное расстояние от приемной скважины к заборной, т.е. длина трубопровода сифона. Как установлено, в верхнем колене нисходящей ветви сифона может быть создан вакуум порядка 0,09 МПа [2], способствующий поднятию воды из заборной скважины и преодолению гидравлических сопротивлений трубопровода сифона. Расположив заборную скважину на небольшом расстоянии от приемной, мы получаем незначительное гидравлическое сопротивление трубопровода сифона и вместе с тем большое понижение уровней грунтовых вод в заборной скважине под влиянием приемной. Если заборную скважину расположить за пределом радиуса влияния приемной скважины, наблюдается обратная картина. И в первом и во втором случаях дебит сифонного водосбора не достигнет максимального значения. Существует какое-то оптимальное расстояние от приемной скважины до заборной.

С некоторыми допущениями можно считать, что расстояние между приемной и заборной скважинами будет оптимальным (т.е. влияние приемной

скважины незначительно и гидравлические потери в трубопроводе сифона небольшие), если выполняется условие

$$S + h_{wr} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где S — понижение уровней грунтовых вод в точке размещения заборной скважины от действия приемной; h_{wr} — гидравлические потери в трубопроводе сифона длиной $г$.

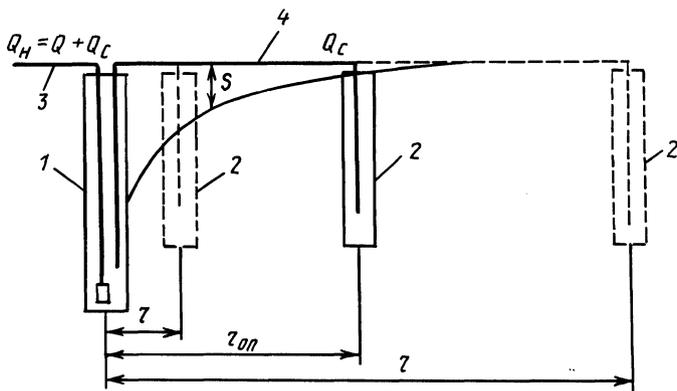


Рис. 1. Расчетная схема сифонного водосбора:

1 — приемная скважина; 2 — заборная скважина; 3 — трубопровод насоса; 4 — трубопровод сифона.

Понижение уровней грунтовых вод в точке расположения заборной скважины от действия приемной зависит от продолжительности работы последней и определяется по методикам, разработанным для неустановившегося и установившегося режимов фильтрации.

Рассмотрим случай притока воды к приемной скважине при неустановившемся режиме фильтрации. Как известно, уравнение неустановившегося режима, полученное Ч.Тейсом [3] для напорного потока, имеет вид

$$S = h_0 - h = Q/4\pi TW(u), \quad (2)$$

где Q — расход скважины; $T = kh_0$ — проводимость пласта; k — коэффициент фильтрации; h_0 — начальный пьезометрический напор пласта; h — пьезометрический напор пласта; $W(u)$ — интегральная функция скважины.

При малых значениях аргумента ($u < 0,09$) выражение (2) имеет логарифмическое представление [3]:

$$S = h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \ln 2,25 Tt/\mu r^2,$$

где μ — коэффициент водоотдачи; t — время; r — радиальное расстояние от скважины.

Уравнение установившегося режима фильтрации для безнапорного потока [3]:

$$S = h_0^2 - h^2 = Q/2\pi kW(u). \quad (3)$$

При малых по сравнению с h_0 понижениях S решение уравнения (3) сводится к решению уравнения (2) из работы [4]. Гидравлические потери трубопровода длиной r определяются по формуле

$$h_{wr} = A_{кв} \psi Q_c^2. \quad (4)$$

Здесь $A_{кв}$ — значение расходной характеристики трубопровода [5] ψ — поправка на неквадратичность [5]; Q_c — расход сифона; r — его длина.

Если произведение $A_{кв} \psi Q_c^2$ выразить через A , то формула (4) примет вид $h_{wr} = A(r)$;

Запишем выражение (1) для неустановившегося режима фильтрации в развернутом виде:

$$\frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25Tt}{\mu r^2} + A(r) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Примем наименьшую продолжительность работы сифонного водосбора, равную одним суткам, т.е. $t = \text{const}$: Тогда, взяв первую производную по r и приравняв ее к нулю, найдем r , при котором сумма (5) минимальна:

$$r_{оп} = Q/2\pi AT. \quad (6)$$

Далее, подставив во вторую производную по r от выражения (5) значения r из уравнения (6), получим положительную величину. При этом убеждаемся, что при r , определенном по формуле (6), выражение (5) имеет минимум. Установившийся режим фильтрации является граничным режимом работы одиночной скважины. Понижение уровней грунтовых вод на расстоянии r от приемной скважины определяется по уравнению Дюпюи [6]:

$$S = h_0 - h = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r}},$$

где h_0 — начальная глубина безнапорного потока; Q — расход приемной скважины; k — коэффициент фильтрации; R — радиус влияния приемной скважины; h — глубина безнапорного потока; r — радиальное расстояние от скважины.

Представим выражение (1) для установившегося режима фильтрации в развернутом виде:

$$h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r}} + A(r) \rightarrow \min. \quad (7)$$

Взяв первую производную по r и приравняв ее к нулю, найдем r , при котором сумма (7) минимальна:

$$r = \frac{Q}{2\pi Ak \sqrt{h_0^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r}}}. \quad (8)$$

Уравнение (8) относительно r записано в неявном виде. Решить его можно только подбором. Но если пренебречь членом $Q/\pi k \cdot \ln R/r$, малым по сравнению с h_0^2 , и заменить выражение $\sqrt{h_0^2 - Q/\pi k \cdot \ln R/r}$ выражением h_0 , то (8) запишется следующим образом:

$$r_{\text{оп}} = \frac{Q}{2\pi A k h_0} = \frac{Q}{2\pi A T} \quad (9)$$

Из сравнения выражений (6) и (9), полученных для различных режимов фильтрации, следует, что оптимальное расстояние между заборной и приемной скважинами не зависит от продолжительности работы сифонного водосбора. С технико-экономической точки зрения вычисленное таким образом расстояние r является максимальным, так как дальнейшее его увеличение повышает стоимость и не увеличивает дебита водосбора. Поэтому при выборе проектного расстояния и определении точки бурения заборных скважин с учетом рельефа местности можно рекомендовать некоторое уменьшение расчетного расстояния.

Если линейный сифонный водосбор состоит из нескольких заборных скважин, то понижением грунтовых вод в точке размещения второй заборной скважины от действия приемной в связи с ее отдаленностью можно пренебречь. Сделав такое допущение, расстояние от первой заборной до второй (со стороны приемной) скважины можно определить по формуле (9), рассматривая, например, первую в качестве приемной и рассуждая далее аналогично.

Следует еще раз подчеркнуть, что приведенный метод определения оптимальных расстояний между скважинами сифонного водосбора основан на ряде допущений и является приближенным. Однако из-за отсутствия данных по этому вопросу в литературе подобный метод представляет собой определенный интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. О в о д о в В.С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. — М., 1960. — 560 с.
2. М и т р а х о в и ч А.И., Н е м и р о В.А. Сифоны на системах вертикального дренажа. — Мелиорация и водное хозяйство: Экспресс-информация Минводхоза СССР. М., 1977, сер. 2, вып. 3, с. 6—10.
3. Ш е с т а к о в В.М. Динамика подземных вод. — М., 1973. — 327 с.
4. Осушение земель вертикальным дренажем/ А.И.Мурашко, А.И.Митрахович, С.В.Довнар и др. — Минск, 1980. — 245 с.
5. Справочник по гидравлическим расчетам/Под ред. П.Г.Киселева. — М., 1974. — 312 с.
6. К л и м е н т о в П.П., К о н о н о в В.М. Динамика подземных вод. — М., 1973. — 440 с.