

Л. ВАЛЛНЕР

## О РАЗГРУЗКЕ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА С НАПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЧЕРЕЗ ВОСХОДЯЩИЙ РОДНИК

В пределах зон тектонических нарушений водоносный горизонт с напорной поверхностью может быть прегражден относительно водоупорными породами по сбросу. При соответствующей величине гидравлического напора в водовмещающем пласте и благоприятном геологическом строении местности подземные воды разгружаются в таком случае через плоскость сброса в виде восходящего родника (рис. 1а).

Аналогичное явление наблюдается и на крутых склонах, когда выход водоносного горизонта с напорной поверхностью закрыт делювием, а разгрузка воды может происходить только путем переливания через осыпь (рис. 1б).

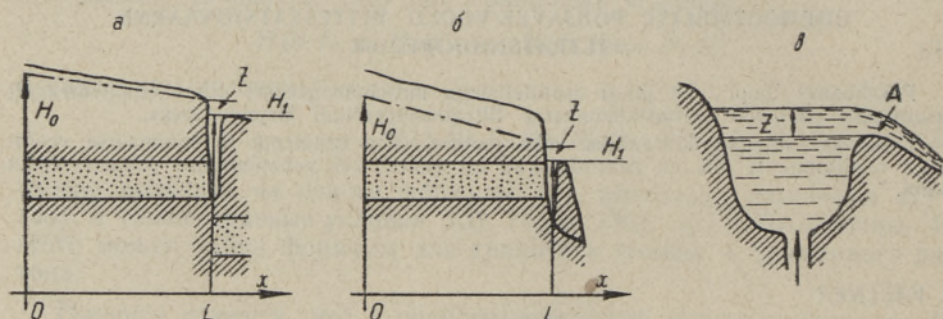


Рис. 1. Схемы разгрузки водоносного горизонта.

Виды разгрузки: а — через плоскость сброса; б — на крутом склоне; в — вертикальное сечение, перпендикулярное порогу русла стока (А).

Представляет интерес найти количественные зависимости, определяющие режим стока подземных вод для описанных выше случаев.

Восходящий родник обыкновенно представляет собой некоторое углубление на земной поверхности, с одной стороны прорезанное руслом стока (рис. 1в). Без существенной погрешности можно допустить, что порог у устья родника в вертикальном сечении имеет так наз. практическую форму водослива. Тогда изливающийся родник можно рассматривать как водослив, расход которого определяется по формуле [1]

$$q = \gamma z^{3/2}, \quad (1)$$

где  $q$  — мгновенный расход;  $\gamma$  — коэффициент, зависящий от гидравлической характеристики родника;  $z$  — напор, определяемый разностью отметок порога стока и поверхности воды в роднике.

С другой стороны, на основе известного закона Дарси, расход водоносного горизонта единичной ширины выражается в виде

$$q = km(H_0 - H_1 - z)/L, \quad (2)$$

где  $k$  — коэффициент фильтрации и  $m$  — мощность горизонта;  $H_0$  — напор в сечении пласта  $x=0$ ;  $H_1$  — высота порога русла стока над плоскостью сравнения напоров;  $L$  — длина водоносного горизонта.

В силу неразрывности потоков в водовмещающем пласте и в роднике допустимо приравнять выражения (1) и (2). Тогда получим формулу, описывающую стационарный режим стока восходящего родника:

$$\gamma z^{3/2} = km(H_0 - H_1 - z)/L. \quad (3)$$

На основе формулы (3) можно оценить коэффициент фильтрации или другие необходимые гидравлические параметры изучаемого пласта, имея в виду, что значение  $z$  в полевых условиях сравнительно легко определяется.

Нестационарный режим стока подземных вод в рассматриваемом случае описывается дифференциальным уравнением

$$\partial H / \partial t = \kappa^2 \partial^2 H / \partial x^2 + W \quad (4)$$

и соотношением

$$-km \partial H(L, t) / \partial x = \gamma [H(L, t) - H_1]^{3/2}, \quad (5)$$

которые должны удовлетворять граничным условиям

$$H(0, t) = H_0(t), \quad (6)$$

$$H(L, t) = \bar{z}(t) + H_1 \quad (7)$$

и начальному условию

$$H(x, 0) = H_x(x). \quad (8)$$

При этом принято, что в сечении потока  $x=0$  гидравлический напор является заданной функцией времени  $H_0(t)$ , которая изменяется под влиянием гидрогеологических факторов. Напор в сечении потока  $x=L$  представляет собой неизвестную функцию  $\bar{z}(t) + H_1$  от граничного условия  $H_0(t)$  и от функции  $W$ . Функция  $\bar{z}(t)$  описывает изменения напора  $z$  во времени.

Функция  $W$  — заданный внутренний источник гидравлического напора. Она характеризует перетекание через слабопроницаемые отдельные слои, выражает изменения нагрузки на кровлю водовмещающего пласта и т. п.

Функцию  $\bar{z}(t) + H_1$  в принципе можно найти из решения уравнения (4) и соотношения (5), но соответствующие выкладки довольно громоздки.

Вспомним, что передача гидравлического напора в водоносном горизонте с напорной поверхностью происходит с весьма большой скоростью [2]. Поэтому допустимо принять

$$\bar{z}(t) \approx z(t) \quad (9)$$

и

$$H(L, t) \approx z(t) + H_1 = \bar{H}(t), \quad (10)$$

причем функция  $z(t)$  определяется решением кубического уравнения (3) относительно  $z$ , если в нем  $H_0$  заменить значениями  $H_0(t)$ . Тогда, на основе решения уравнения (4) [3], удовлетворяющего условиям (6),

(8) и (10), и учитывая выражение (5), получим формулу, описывающую квазистационарный режим стока восходящего родника:

$$\begin{aligned}
 q(t) = & -km \left\{ [\bar{H}(t) - H_0(t)]/L + \sum_{i=1}^{\infty} [2i\pi/L^2] \times \right. \\
 & \times \{(-1)^i \int_0^t \exp [(\chi i\pi/L)^2(\bar{t} - t)] \int_0^L W(x, t) \sin(i\pi x/L) dx d\bar{t} + \\
 & + (-1)^i \exp [-(\chi i\pi/L)^2 t] \int_0^L \{H_x(x) - H_0(0) - [\bar{H}(0) - H_0(0)]x/L\} \times \\
 & \times \sin(i\pi x/L) dx + (L^3/\chi^2 i^3 \pi^3) \{ \partial[\bar{H}(t) - (-1)^i H_0(t)]/\partial t - \\
 & - \{ \partial[\bar{H}(0) - (-1)^i H_0(0)]/\partial t \} \exp [-(\chi i\pi/L)^2 t] - \\
 & \left. - \int_0^t \{ \partial^2[\bar{H}(\bar{t}) - (-1)^i H_0(\bar{t})]/\partial \bar{t}^2 \} \exp [(\chi i\pi/L)^2(\bar{t} - t)] d\bar{t} \} \right\}. \quad (11)
 \end{aligned}$$

Если  $q(t)$  и  $H(L, t)$  известны эмпирически, то по формуле (11) можно определить коэффициент пьезопроводности пласта  $\chi^2$ . Для этого следует в формуле (11) заменить  $\bar{H}(\bar{t})$  на значения  $H(L, t)$  и пользоваться методом подпора.

На основе изложенного приходим к выводу, что при проведении наблюдений за гидравлическим режимом родника не всегда требуются регулярные измерения расхода воды, а достаточно вести наблюдения за изменением величины напора  $z$ , которая в полевых условиях гораздо легче определяется.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Академик Н. Н. Павловский. АН СССР, Собр. соч., т. 1, М.—Л., 1955.
2. Маскет М., Течение однородных жидкостей в пористой среде, М.—Л., 1949.
3. Валлнер Л., Нестационарный режим фильтрации одномерного потока подземных вод, Изв. АН ЭССР. Химия \* Геология, 17, № 1 (1968).

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
12/IX 1967

L. VALLNER

#### SURVELISE VEEHORISONDI DRENEERUMISEST TÕUSUALLIKA KAUDU

Survelinē veehorisont tektoonilise rikkevööndi piirkonnas võib olla tõkestatud vett-pidava kihiga. Vastavate hüdrogeoloogiliste tingimuste puhul võivad põhjaveed mur-rangu pinda mööda üles tõusta ja ära voolata allika kaudu. Samasugust olukorda võib täheldada järskudel nõlvadel, kus veehorisondi avamus on kaetud deluuviumiga.

Esitatakse valemid, mis kirjeldavad tõusuallika statsionaarset ja kvaasistatsionaarset äravoolurežiimi.

L. VALLNER

#### ON THE DRAINAGE OF ARTESIAN AQUIFERS THROUGH A SPRING

An artesian aquifer situated in the region of tectonic faults may be arrested by a water-resistant bed. Under corresponding hydrogeological conditions, the ground water may rise along the faulty surface and flow away through a spring. The same case may be stated on steep slopes where the outcrop of the aquifer is covered by deluvium.

Formulas are presented, describing the steady and quasi-steady regime of the discharge of the artesian spring.