

*Л. ВАЛЛНЕР, Элле АРУ*

## О ПАРАМЕТРАХ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ СЛОЕВ В ЭСТОНИИ

В 1967—1970 гг. Управлением гидрометеорологической службы Эстонской ССР осуществлена под руководством Т. Эйпре серия наблюдений над колебаниями уровня воды в бытовых колодцах. Колодцы глубиной 2—10 м расположены при гидрологических речных и озерных постах (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972) на расстоянии 12—900 м от поверхностного водоема. Аналогичные наблюдения проведены также Институтом геологии АН ЭССР в буровых скважинах глубиной 5—7 м у гидрологического поста оз. Юлемисте и Государственным проектным институтом «Эстпромпроект» в районе морского поста в устье р. Пярну. На основе данных, полученных с участков наблюдений (рисунок), нами определена уровнепроводность верхних водовмещающих слоев (таблица).

Расчеты проводились согласно зависимости (Шестаков, 1965)

$$a = \frac{x^2}{4\lambda^2 t}, \quad (1)$$

где  $a$  — коэффициент уровнепроводности;  $x$  — расстояние между сечениями вдоль фильтрационного потока, где замерялось изменение гидравлического напора;  $t$  — промежуток времени, на протяжении которого приращение напора происходило практически с постоянной скоростью;  $\lambda$  — аргумент заданной таблично интегральной показательной функции.

В случае применения формулы (1) обычно предполагается, что вдоль потока подземных вод расположены два пьезометра, которые дают сведения о колебаниях напора. Однако в рассматриваемых случаях уровень подземных вод измерялся в общем лишь в одном колодце у поверхностного водоема. Это заставило нас при расчетах допустить, что изменение напора в сечении фильтрационного потока, совпадающем с береговой линией реки или озера, соответствует колебанию их уровня, установленному наблюдениями на гидрологическом посту.

Наиболее пригодными для вычислений по формуле (1) оказались промежутки времени длительностью в среднем 6—12 суток в начале весеннего, а иногда и осеннего интенсивного повышения уровня поверхностных вод. На некоторых участках в течение четырехлетнего периода наблюдений удалось выделить лишь один—два интервала, соответствующих требованиям методики расчета. В таких случаях подземные воды подвергаются, очевидно, сильному инфильтрационному питанию, ввиду





Месторасположение гидрологических постов (названия пунктов см. в таблице).

которого обусловленность их пьезометрического режима от колебаний уровня поверхностного водоема оказывается скрытой. В таблице по каждому участку указано общее число определений уровнеспроводности, приведены расчетные ее максимальное и минимальное значения, а также арифметическое среднее от всех определений.

Наиболее подробно изучены гидрогеологические условия участка, расположенного на северном берегу оз. Юлемисте, где в виде исключения водомерные наблюдения велись в четырех буровых скважинах. Безнапорный водоносный горизонт средней мощностью 8 м сложен здесь флювиогляциальными среднезернистыми песками с гравием и галькой ( $fglQ_{III}$ ), которые залегают на относительно водоупорном супесчаном слое. Среднее значение коэффициента фильтрации водоносного горизонта составляет 20 м/сут.

Рассчитанный по формуле (1) на основе данных пьезометров коэффициент уровнеспроводности флювиогляциальных песчаных отложений составляет в среднем  $6,4 \cdot 10^2$  м<sup>2</sup>/сут. Их коэффициент недостатка насыщения  $\mu$  равен 0,25, причем

$$\mu = \frac{kh}{a}, \quad (2)$$

где  $h$  — средняя мощность водовмещающего слоя и  $k$  — его коэффициент фильтрации.

Коэффициенты  $a$  и  $\mu$  того же водоносного горизонта в 7 км западнее рассматриваемого участка составляют, по данным пробной откачки, соответственно 2000 м<sup>2</sup>/сут и 0,3 при мощности горизонта 24 м (Валлнер, 1972). Это практически совпадает с настоящим определением, если иметь



в виду, что по формуле (2) уровнепроводность водовмещающего пласта пропорциональна его мощности.

Среднее значение уровнепроводности, вычисленное для участка по колебанию уровня воды в озере и в буровой скважине, равно  $5,1 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{сут}$ . Эта величина отличается от результата, полученного на основе только пьезометров, на 20%. Следовательно, по изменению гидравлического напора в поверхностном водоеме и одном пьезометре вблизи него уровнепроводность водоносного горизонта может быть оценена с достаточной для данного случая надежностью.

Песчаные водоносные горизонты, изученные дополнительно на семи наблюдательных участках, сложены флювиогляциальными ( $fglQ_{III}$ ), озерно-ледниковыми ( $lglQ_{III}$ ), озерными ( $lQ_{III}$ ), морскими ( $mQ_{IV}$ ), аллювиальными ( $alQ_{IV}$ ) и эоловыми ( $eoQ_{IV}$ ) отложениями, гранулометрический состав которых весьма разнообразен — варьирует от пылеватых до крупнозернистых. Среди них часто встречаются гравийные и галечниковые прослои. Среднее значение коэффициента уровнепроводности водовмещающих песчаных слоев колеблется, по нашим расчетам, в пределах  $1,6 \cdot 10^2 — 8,4 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ . Их коэффициент недостатка насыщения изменяется от 0,01 до 0,3.

Такие показатели хорошо согласуются с данными аналогичных по генезису песчаных отложений других территорий. Так, например, уровнепроводность голоценовых песчаных и песчано-гравийных аллювиальных водоносных горизонтов Литвы составляет  $7 \cdot 10^2 — 5 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$  (Дилюнас, 1973), а средняя величина коэффициента водоотдачи флювиогляциальных, озерно-ледниковых, морских и аллювиальных слоев изменяется в пределах 0,08 — 0,33 (Сакалаускене, 1969). В Белоруссии уровнепроводность водоносных флювиогляциальных и аллювиальных песчаных отложений различной зернистости, содержащих гравийные и галечниковые прослои, характеризуется величинами порядка  $10^2 — 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ , причем значение коэффициента водоотдачи колеблется от 0,035 до 0,26 (Киселев, 1964, 1967; Козлов, Шилинская, 1972).

На восьми наблюдательных участках безнапорные воды вмещаются в переслаивающихся супесчаных, суглинистых и песчаных отложениях преимущественно озерного ( $lQ_{III}$ ) или морского ( $mQ_{IV}$ ) происхождения. Если среди них преобладает песчаный материал, то уровнепроводность водоносного горизонта изменяется в интервале  $3 \cdot 10^2 — 7 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ , а коэффициент недостатка насыщения составляет 0,01 — 0,07. При увеличении относительной доли суглинистых прослоев в горизонте его уровнепроводность сильно понижается (Вянгла, Сурью). Коэффициент недостатка насыщения в таком случае обычно меньше 0,01.

В северной и средней частях Эстонии безнапорные воды часто связаны с первыми от поверхности слоями известняков и доломитов ордовикской и силурийской систем, а также с залегающим над ними мало-мощным пластом супесчаной морены ( $glQ_{III}$ ). Уровнепроводность такой водовмещающей толщи, суммарная мощность которой обычно не превышает 30 м, колеблется, по нашим расчетам, в интервале  $0,9 \cdot 10^3 — 5,1 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ . Она может достигать и величин порядка  $10^4 \text{ м}^2/\text{сут}$ , если водоносные карбонатные породы сильно закарстованы и трещиноваты. Коэффициент насыщения рассматриваемых пород имеет, по нашим определениям, порядок величины  $10^{-2}$ . Это согласуется с установленной по другой методике активной скважностью ордовикских слоев, равной 0,021 и акцептованной в исследовании М. С. Газизова (1971).

Уровнепроводность приповерхностных слоев песчаников среднего девона ( $D_{2rg}$ ) изучена только в одном месте — Орекюла. Она составляет там примерно  $2 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ .



Уровнепроводность водовмещающих слоев

Номер на рисунке	Гидрологический пост	Литология водовмещающих слоев и их геологический индекс	Число определений	Коэффициент $\mu^2/сут$		Средний
				Наименьший	Наибольший	
1	Юлеминте	Песок среднезернистый с гравием ( $glQ_{III}$ )	5	500	1000	$6,4 \cdot 10^2$
2	Пярну	Песок пылеватый ( $mQ_{IV}$ )	2	780	870	$8,3 \cdot 10^2$
3	Тудулинна	Песок разноморнистый ( $alQ_{IV}$ ) и известняк трещиноватый ( $O_{2nb}$ )	7	9300	23000	$2,1 \cdot 10^4$
4	Тийрикоя	Песок среднезернистый ( $soQ_{IV}$ )	1	—	—	$4,6 \cdot 10^3$
5	Колавере	Песок среднезернистый ( $glQ_{III}$ ) и песчаник ( $D_{2ag}$ )	1	—	—	$8,4 \cdot 10^3$
6	Тярва	Песок мелкозернистый ( $alQ_{IV}$ )	14	800	3000	$1,6 \cdot 10^2$
7	Ранну-Йыэсуу	Песок разноморнистый ( $glQ_{III}$ )	2	270	660	$4,7 \cdot 10^2$
8	Ахья	Песок крупнозернистый с гравием ( $alQ_{IV}$ )	4	200	4300	$2,0 \cdot 10^3$
9	Яяпина	Песок разноморнистый ( $alQ_{IV}$ ) и песчаник ( $D_{2br}$ )	5	1100	6500	$4,6 \cdot 10^3$
10	Вянгла	Супесь и суглинок ( $mQ_{IV}$ )	2	20	30	$0,3 \cdot 10^2$
11	Сурью	Супесь и суглинок ( $lQ_{III}$ )	3	30	50	$0,4 \cdot 10^2$
12	Казари	Супесь ( $mQ_{IV}$ )	6	400	4200	$1,7 \cdot 10^3$
13	Коновере	Песок разноморнистый и супесь ( $mQ_{IV}$ )	5	3800	6500	$5,1 \cdot 10^3$
14	Кийза	Супесь ( $lQ_{III}$ )	5	400	14000	$7,1 \cdot 10^3$
15	Аэсоо	Супесь ( $lQ_{III}$ )	2	1500	3000	$2,3 \cdot 10^3$
16	Куустле	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ )	1	—	—	$5,9 \cdot 10^2$
17	Кяэпа	Супесь ( $glQ_{III}$ )	4	200	600	$3,0 \cdot 10^2$
18	Вихтерпалу	Супесь ( $mQ_{IV}$ ) и известняк трещиноватый ( $O_{2kl}$ )	4	23000	47000	$3,1 \cdot 10^4$
19	Кейла	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк трещиноватый ( $O_{2kl}$ )	10	35000	13000	$7,6 \cdot 10^4$
20	Паункиола	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк мергелистый ( $O_{3vg}$ )	5	100	600	$2,6 \cdot 10^2$
21	Паюба	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк ( $O_{2jh}$ )	4	2400	6900	$5,0 \cdot 10^3$
22	Маапаю	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк ( $O_{ark}$ )	2	3600	5900	$4,7 \cdot 10^3$
23	Сями	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк трещиноватый ( $O_{2kl}$ )	9	10000	83000	$4,4 \cdot 10^4$
24	Люганузе	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк ( $O_{2ls}$ )	7	200	2400	$0,9 \cdot 10^3$
25	Ао	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк доломитизированный ( $S_{irk}$ )	4	1200	7700	$3,7 \cdot 10^3$
26	Тырве	Супесь моренная ( $glQ_{III}$ ) и известняк доломитизированный ( $S_{iad}$ )	2	13000	14000	$1,4 \cdot 10^4$
27	Ореюола	Песчаник ( $D_{2pr}$ )	9	900	3400	$1,8 \cdot 10^3$

Авторы выражают глубокую признательность начальнику отдела Управления гидрометеорологической службы ЭССР Т. Эйпре за содействие настоящей работе.

### ЛИТЕРАТУРА

- Валлнер Л. 1972. О фильтрационных свойствах песчано-гравийных отложений в г. Таллине. Изв. АН ЭССР, Хим. Геол., 21, № 2.
- Газизов М. С. 1971. Карст и его влияние на горные работы. М.
- Дилюнас И. П. 1973. Перспективы использования подземных вод речных долин Нямунас и Нерис. Вильнюс.
- Киселев П. А. 1964. Исследования закономерностей режима грунтовых вод в районе Полесской низменности на основе гидродинамического анализа. В сб.: Режим и баланс подземных вод. Минск.
- Киселев П. А. 1967. Гидродинамические принципы количественной оценки питания подземных вод на основе анализа их режима на территории Белоруссии. В сб.: Режим и баланс подземных вод. Минск.
- Козлов М. Ф., Шилинская Я. М. 1972. Количественная оценка питания грунтовых вод в северной части Припятского Полесья. Минск.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1972. Том 4, Прибалтийский район, вып. 1, Эстония.
- Сакалаускаене Д. И. 1969. Динамические запасы и подземный сток грунтовых вод территории Литовской ССР. В сб.: Вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод Южной Прибалтики. Вильнюс.
- Шестаков В. М. 1965. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. М.

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
16/1 1974

L. VALLNER, Elle ARU

### EESTI PÕHJAVEEKIHTIDE MITTESTATSIONAARSE FILTRATSIOONI PARAMEETRITEST

Põhja- ja pinnasevee taseme kõikumise järgi on arvutatud surveta veehorisontide mittestatsionaarse filtratsiooni parameetrid.

L. VALLNER, Elle ARU

### ON THE PARAMETERS OF THE UNSTEADY GROUND WATER FLOW IN THE WATER-BEARING HORIZONS OF ESTONIA

According to the fluctuation of the ground and surface waters of Estonia, the value  $a = T/S$ , where  $T$  is the coefficient of transmissivity and  $S$  — the storage coefficient of the unconfined aquifers, is calculated. The calculation is based on data of 27 observation districts.