

ПРИМЕНА НА ИЗОТОПСКА МЕТОДА ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ФИЛТРАЦИОНАТА БРЗИНА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

Д. Качурков, М. Толев и В. Гучев

Еден од проблемите, на кој му се посветува доволно внимание при хидролошките испитувања, претставува одредувањето на филтрационата брзина на подземните води. Нејзиното одредување по класичен пат е многу бавно и прилично скапо. Често пати е потребно, дури и неопходно, тоа да се одреди за што пократко време, за да се искористи како еден од основните параметри во понатамошните хидролошки испитувања. За таа цел неколку групи извршиле обемни испитувања со примења на радиоактивни изотопи [1]—[6]. Најзначајни се испитувањата на J. Guizerix, G. Grandclément, B. Gail-lard et P. Ruby [1] и H. Moser and F. Neumaier [2], кои покажале дека меѓу активноста на изотопот инјектиран на извесен начин во подземните води и филтрационата брзина на движењето на подземните води постои одредена функционална врска, дадена со изразот:

$$J = J_0 \exp\left(-\frac{v_f t \sigma}{V_0}\right)$$

каде што J ја претставува активноста на изотопот после време t , J_0 почетната активност, v_f филтрационата брзина на подземните води, V_0 волуменот во кој се инјектира изотопот и се мери неговата активност, а σ е ефективниот пресек низ кој се следи движењето на подземните води.

Оваа зависност дава можност за одредување на v_f со примена на радиоактивни изотопи. Врз основа на овие испитувања се конструирани специјални апаратури за одредување на v_f а преку неа и на други карактеристични големини на подземните води. При нашите испитувања е употребена една комбинирана апаратура која се состоеше од следново:

— Специјална GM — сонда, чија конструкција е таква што овозможува не само детекција на радиоактивното зрачење, туку и инјектирање на изотопот во различни нивоа на водоносниот слој до 100 м. длабочина. Нејзиниот надворешен дијаметар е 5,08 см., а ефективната должина 53 см., додека дијаметарот на перфорираната пиезометриска цевка, во која се врши инјектирањето на изотопот, односно во која се слуша сондата, е 6,35 см. На краевите на сондата има два гумени прстена кои по потреба можат да се надуваат или испуштаат. На тој начин се ограничува волуменот во кој се

врши инјектирањето на изотопот, и се оневозможува вертикално струење на водата. Единствено е можно хоризонтално струење на водата низ перфорираната цевка, ако такво постои.

— Батериски скалер, кој служи за напојување на сондата и регистрација на зрачењето.

— Помошни уреди за инјектирање на изотопот.

За практично користење на оваа апаратура за одредување на филтрационата брзина, преку споменатата зависност (1), неопходно е претходно да се извршат испитувања за одредување на ефективниот напречен пресек σ .

Ако дијаметарот на пиезометриската цевка е d , а висината h , низ која се посматра движењето на водата покрај сондата, тогаш ефикасниот пресек ќе биде:

$$\sigma = \epsilon hd$$

каде што ϵ е константа на пропорционалноста, која би требало да зависи само од перфорацијата на пиезометриската цевка и гранулометрискиот состав на чакалот околу неа, а не од филтрационата брзина. Бидејќи d и h се познати големини, единствено останува да се одреди карактерот и вредноста на константата ϵ , што имено и претставува предмет на овие испитувања.

Експериментално одредување на константата ϵ — Од изразот (1) следува:

$$v_f = \frac{V_o}{t \cdot \sigma} \cdot \left(- \ln \frac{J}{J_o} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Волуменот во кој се инјектира изотопот е:

$$V_o = \frac{1}{4} (d^2 - d_s^2) \cdot h \cdot \pi$$

каде што d е дијаметар на пиезометриската цевка, d_s е внатрешен дијаметар на сондата, кој во нашиот случај изнесува 29 мм. и h е ефикасна должина на сондата. Со заменување на вредноста V_o и σ во (2) се добива:

$$v_f = \frac{(d^2 - d_s^2) \cdot \pi}{4 \cdot d \cdot t \cdot \epsilon} \cdot \left(- \ln \frac{J}{J_o} \right)$$

или

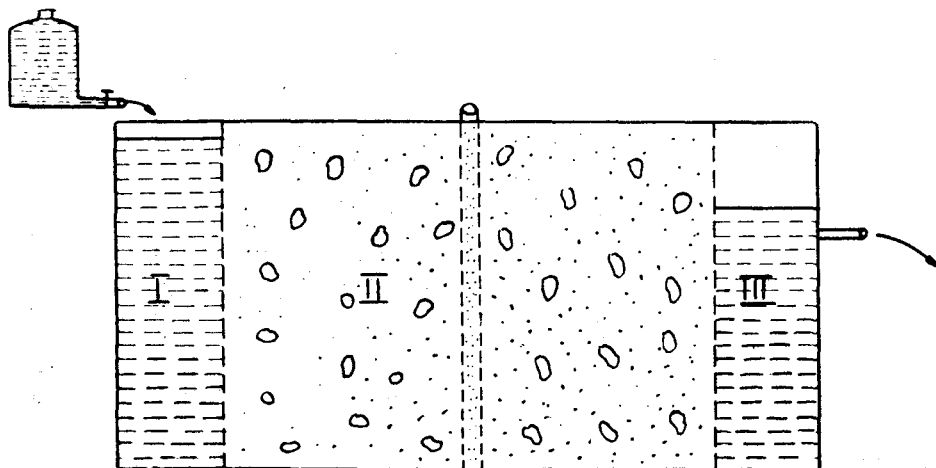
$$v_f = \frac{2,3 \cdot \pi}{4 \cdot d \cdot t \cdot \epsilon} \cdot (d^2 - d_s^2) \cdot \left(- \ln \frac{J}{J_o} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Од овој израз може да се добие константата ϵ , ако ја мериме промената на активноста на изотопот во одреден временски интервал t , и филтрационата брзина v_f , односно

$$\epsilon = \frac{2,3 \cdot \pi}{4 \cdot d \cdot t \cdot v_f} \cdot (d^2 - d_s^2) \cdot \left(-\log \frac{J}{J_0}\right) \dots \dots \dots (4)$$

Со цел да се потврди експериментално независноста на ϵ од v_f и да се одреди нејзината вредност за одредена перфорација на пиезометриската цевка, која понатаму би се користела за практично одредување на филтрационата брзина на подземните води со оваа апаратура, извршени се низа мерења во лабораториски услови.

Мерењата се извршени на следниов начин: во железен сандак со димензии $2 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$ е направен модел на подземни води. Истиот е преграден на три дела со мрежа (сл. 1), од кои преградите I и III се по 30 см., а преградата II 140 см.



Сл. 1

Преградата II е полна со добро гранулиран песок од сите димензии, а во нејзината средина е поставена пиезометриска цевка од 6,35 см., перфорирана на секои 1,5 см., со дупки со дијаметар од 0,5 см. Во преградата I дотечува вода со постојан проток, а од преградата III, низ посебен отвор, таа истечува. Постојаниот проток се одржува на тој начин што водата се пушта преку шише, кое на долната страна има славина, а одозгора е отворен, за да може водата слободно да се прелива. Кога ќе се воспостави стационарен ток на водата низ сандакот, врз основа на Дарсовиот закон се одредува филтрационата брзина низ чакалот.

При ваков стационарен ток со одредена филтрациона брзина v_f , во перфорираната цевка е инјектиран радиоактивен изотоп преку сондата. Во нашиот експеримент е употребен бром-82, кој најчесто се употребува во хидролошките испитувања, чија активност изнесуваше 30—60 мирко кири, во зависност од филтрационата брзина. Потоа е мерено опаѓањето на активноста во импулси/мин.

Извршени се неколку мерења под исти геометриски услови (иста пер-форирана цевка и чакал) а различни филтрациони брзини. Резултатите од мерењата се прикажани во табелите 1—6. Во табелите е означен редниот број на мерењето, времето мерено од инјектирањето и активноста во одделните временски интервали во импулси/минута.

$$v_f = 6,93 \text{ cm/h}$$

Таб. 1

Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	16 ¹⁵	11039
2	16 ²⁰	6501
3	16 ²⁵	3860
4	16 ³⁰	3077
5	16 ³⁵	2366
6	16 ⁴⁰	1813
7	16 ⁴⁵	1401
8	16 ⁵⁰	1097
9	16 ⁵⁵	815
10	17 ⁰⁰	654
11	17 ⁰⁵	548
12	17 ¹⁰	478
13	17 ¹⁵	418
14	17 ²⁰	343
15	17 ²⁵	328

$$v_f = 10,25 \text{ cm/h}$$

Таб. 2

Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	11 ²⁷	4314
2	11 ²⁹	3521
3	11 ³¹	2588
4	11 ³³	2229
5	11 ³⁵	1856
6	11 ³⁷	1717
7	11 ³⁹	1433
8	11 ⁴¹	1176
9	11 ⁴³	1092
10	11 ⁴⁵	901
11	11 ⁴⁷	796
12	11 ⁴⁹	687
13	11 ⁵¹	613
14	11 ⁵³	575
15	11 ⁵⁵	465

$$v_f = 15,4 \text{ cm/h}$$

Таб. 3

Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	14 ⁰⁰	21883
2	14 ⁰²	12606
3	14 ⁰¹	7924
4	14 ⁰⁶	5493
5	14 ⁰⁸	4065
6	14 ¹⁰	3092
7	14 ¹²	2478
8	14 ¹⁴	2066
9	14 ¹⁶	1678
10	14 ¹⁸	1419
11	14 ²⁰	1202
12	14 ²²	1009
13	14 ²⁴	916
14	14 ²⁶	863
15	14 ²⁸	801

$$v_f = 17,5 \text{ cm/h}$$

Таб. 4

Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	8 ⁴¹	14127
2	8 ⁴⁵	4946
3	8 ⁴⁸	3025
4	8 ⁵⁰	2328
5	8 ⁵³	1563
6	8 ⁵⁵	1146
7	8 ⁵⁸	896
8	9 ⁰⁰	744
9	9 ⁰³	594
10	9 ⁰⁵	485
11	9 ⁰⁸	437
12	9 ¹⁰	407

$$v_f = 27,5 \text{ cm/h}$$

Таб. 5

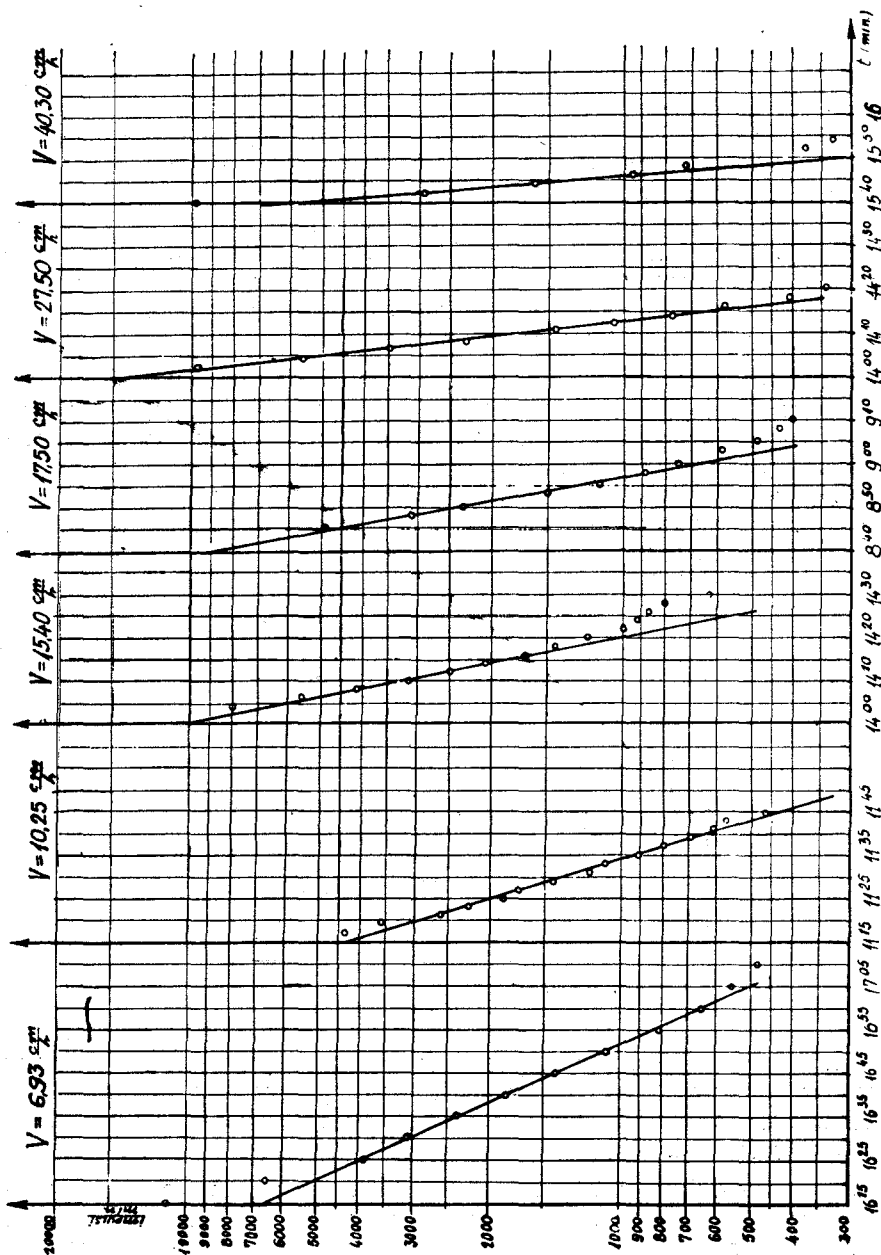
Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	14 ⁰⁰	25052
2	14 ⁰²	9591
3	14 ⁰⁴	5449
4	14 ⁰⁶	3482
5	14 ⁰⁸	2300
6	14 ¹⁰	1450
7	14 ¹²	1049
8	14 ¹⁴	766
9	14 ¹⁶	580
10	14 ¹⁸	412
11	14 ²⁰	338
12	14 ²²	296

$$v_f = 40,3 \text{ cm/h}$$

Таб. 6

Ред. број	ВРЕМЕ	ИМП МИН
1	15 ⁴⁰	9667
2	15 ⁴²	2938
3	15 ⁴⁴	1602
4	15 ⁴⁶	952
5	15 ⁴⁸	721
6	15 ⁵⁰	501
7	15 ⁵²	381
8	15 ⁵⁴	332
9	15 ⁵⁶	276
10	15 ⁵⁸	225
11	15 ⁰⁰	148
12	15 ⁰²	

Истите резултати се прикажани на семилогаритамска хартија (сл. 2).
 Притоа се повлечени правите кои одговараат на експоненцијалната зависност



Сл. 2

дадена со изразот (1). Како што се гледа експоненцијалната зависност е одржана само во одреден временски интервал. Отстапувањето на првите две точки од логаритамската права е последица од тоа што изотопот во почетокот на инјектирањето не е рамномерно распореден по целиот расположив волумен, па активноста опаѓа не само поради движењето на водата, туку и поради неговото значително разблажување во пиезометриската цевка, како резултат на дифузијата.

Отстапувањето на крајните мерни точки од експоненцијалната зависност се должи на прилепувањето на дел од изотопот за пиезометриската цевка или песокот околу неа. На тој начин прилепениот изотоп останува подолго отколку нормално околу сондата, така што опаѓањето на активноста е послабо отколку што би требало да биде ако нема прилепување. Поради тоа за практичните мерења треба да се користат резултатите во оној дел во кој не е нарушена експоненцијалната зависност, а со екстраполација се добиваат почетните и крајните вредности.

Од графикот на сл. 2 се гледа дека со зголемувањето на филтрационата брзина се зголемува и наклонот на линиите. Од овие графици лесно можеме да ја добиеме вредноста на константата ϵ , ако ги прочитаме вредностите на активноста J_0 во почетокот и J по некој временски интервал t , и ги замениме во изразот (4). На тој начин се одредени вредностите на ϵ за сите шест случаи при различни вредности на v_f . Во табелата 7 се дадени вредностите на ϵ , во одделни случаи:

Табела 7

Ред. бр.	$v_f \left(\frac{cm}{h}\right)$	ϵ	$(\epsilon - \bar{\epsilon}) \cdot 10^{-3}$
1	6,93	1,755	-12
2	10,25	1,775	8
3	15,40	1,773	6
4	17,50	1,780	13
5	27,50	1,762	-5
6	40,50	1,760	-7
Средна вредност		1,767	3

Како што се гледа, овие вредности се скоро константни со мали девијации кои се резултат на експерименталните грешки при мерењето. Тоа значи дека ϵ не зависи од филтрационата брзина, како што се и очекуваше. Средната вредност на константата ϵ е $1,767 \pm 0,013$

Заклучок — Испитувањата покажаа дека вредноста на ϵ не зависи од филтрационата брзина на подземните води, и дека за испитуваниот систем таа има вредност $\epsilon = 1,767 \pm 0,013$. Користејќи ја оваа вредност во изразот (3) можеме да ја одредиме филтрационата брзина при одредени услови.

На тој начин е овозможено користењето на гореспомената апаратура за одредување на филтрационата брзина на подземните води со примена на радиоактивни изотопи.

Л И Т Е Р А Т У Р А

[1] J. Guizrix, G. Grandklément, B. Gaillard et P. Rubi — „APPAREIL POUR LA MESURE DES VITESSES RELATIVES DES EAUX SOUTERRAINES PAR LA METHODE DE DILUTION PONCTUELLE“, Radioisotope in hydrology IAEA Vienna 1963 25

[2] H. Moser, F. Neumaier and W. Rauert „NEW EXPERIENCES WITH THE USE OF RADIOACTIVE ISOTOPES IN HYDROLOGY“, Radioisotopes in Hydrology, IAEA, Vienna, 1963 283

[3] Y. Harpaz, F. Mandel, J. R. Gat and A. Nir „THE PLACE OF ISOTOPE METHODS IN GROUNDWATER RESEARCH“, Radioisotope in Hydrology, IAEA, Vienna, 1963 175

[4] C. V. Theis „HYDROLOGIC PHENOMENA AFFECTING THE USE OF TRACERS IN GROUNDWATER FLOW“, Radioisotopes in Hydrology, IAEA, Vienna, 1963 193

[5] B. Dett, P. CH. Lèvèque, G. Courtois, M. Gasnier et S. Godar „DEUX UTILISATIONS DU BROME-82 EN HYDRODYNAMIQUE SOUTERRAINE“, Radioisotope in Hydrology, IAEA, Vienna, 1963, 321

[6] Ljiljana Melovski i Anton Filip „MERENJE PROTOKA I PROUČAVANJE KRETNJA POVRŠINSKIH I PODZEMNIH TOKOVA“, Radioaktivni izotopi i zračenje III, 1963 93

DETERMINATION OF THE GROUNDWATER FILTRATION VELOCITY BY USING THE RADIOACTIVE ISOTOPES

D. Kačurkov, M. Tolev, V. Gučev

Summary

The possibility of determination the groundwater filtration velocity is investigated by using the radioactive istope Br^{82} . The investigations are made by equipment specially combined for this purpose.

The experimental results have shown that this method provides very fast and economical determination of the groundwater filtration velocity. Thereby the value and dependance of the constant „ c “ /eq. 3/ is also determined. In this way the equipment is in condition to be used for the practical determination of the groundwater filtration velocity.