

## Определяне скоростта на движение на пластовата вода в отложенията на валанжа в Добруджа чрез резистивиметрични изследвания в група сондажи

*Йовка Николова, Стоян Мичев*

Николова, Й. Б., С. Мичев. 1981. Определение скорости движения пластовой воды в отложениях валанжа в Добрудже путем резистивиметрических исследований группы скважин. — *Инж. геол. и гидрогеол.*, 11, 28—35.

Приведены результаты резистивиметрических исследований группы скважин после введения индикатора NaCl в одну из них. Показано, что по этому методу при ограниченном времени наблюдения в породах, имеющих поры, трещины и каверны, можно определить лишь скорость движения воды по трещинам и по хорошо сообщающимся кавернам.

Адрес: Научно-исследовательский институт полезных ископаемых, 1505 София.

Nikolova, Y. B., S. Michev, 1981. Determining the Water Seepage Velocity in Dobroudja's Valanginian Sediments by Means of Resistivometric Investigations in a Group of Bore Holes. — *Engineering Geology and Hydrogeology*, 11, 28—35.

Results from resistivometric investigations in a group of bore holes, after putting NaCl indicator in one of them aiming to determine the water seepage velocity in the layers are given. It is shown that in rocks with pores, fractures, and caverns the application of the method described for a short time observation period gives the possibility to determine only the velocity of water movement along fractures and fully related caverns.

Address: Research Institute of Mineral Resources, 1113 Sofia.

Валанжинският водоносен хоризонт в Добруджа се характеризира със силно изменящи се по разреза филтрационни свойства, които се определят от сложния тип на поровото пространство. То е изградено от пори, пукнатини и каверни, неравномерно разпределени по площта и в дълбочина. Разкритостта на пукнатините се мени в широки граници. Част от каверните са изолирани, други са съвършено свързани с пукнатини.

По аналогия с теорията на електричното поле при постоянен хидравличен градиент скоростта на движение на пластовата вода в пукнатини и съвършено свързани каверни може да бъде десетки и стотици пъти по-голяма от скоростите в междузърновите пори и несвързаните с пукнатини каверни. За целите на минните разработки изключително голямо значение има определянето както изменението на скоростта на движение на пластовата вода в отделните хоризонти във валанжа, така и максималните стойности на тази скорост.

В условията на валанжинските отложения в Южна Добруджа скоростта на движение на пластовите води е определяна по следните методи: 1) по коефициента на филтрация, определен по данни от резистивиметричните изследвания в сондажите при водоналив (Н и к о л о в а, М и ч е в, 1978); 2) по скоростта на филтрация, определена по метода на разсоляването (само в отделни интервали) (Н и к о л о в а, М и ч е в, 1978); 3) чрез резистивиметрични изследвания в група сондажи с пускане на индикатор NaCl в един от тях. Последният метод позволява пряко да се определи скоростта на движение на пластовата вода. Естествено при сложен тип на поровото пространство и ограничено време за наблюдение измерената скорост ще се отнася за вода, движеща се по пукнатини, т. е. по зони с високи филтрационни свойства. Получените по този метод скорости, съпоставени с определените по първите два метода, дават възможност да се оцени тяхната достоверност.

В настоящата работа се привеждат резултатите от резистивиметричните изследвания в група сондажи за пряко определяне скоростта на движение на пластовата вода.

Поради ограниченото време необходимо условие за започване на работа в сондажите беше изследваните интервали да включват поне част от зоната, характеризираща се с високи филтрационни свойства и изградена от силно напукани и кавернозни скали. Съгласно с резистивиметричните изследвания след осоляване (Н и к о л о в а, 1977) и кавернометрията горната граница на тази втора зона се намира на следните дълбочини: в сондаж Р-105 — на 750 m; в сондаж Р-105а — на 760 m; в сондаж Р-105б — на 760 m; в сондаж Р-105 г — на 800 m. Интервалите на изследване в сондажите са, както следва: в сондаж Р-105 — 700 ÷ 900 m; в сондаж Р-105а — 700 ÷ 800 m; в сондаж Р-105 б — 700 ÷ 820 m; в сондаж Р-105г — 700 ÷ 1000 m, т. е. във всички сондажи изследваният интервал включва част от втора зона.

При планиране на времето за изследване са взети пред вид резултатите от резистивиметричните изследвания при водоналив за определяне коефициента на филтрация. Във всички изследвани сондажи последният по разреза се мени от 0 до над 5000 m/d. При среден хидравличен градиент  $i = 0,001$  и ефективна пористост  $l = 0,1$  очакваната максимална скорост беше от порядъка на 5—50 m/d. При скорост на движение на пластовата вода около 5m/d, изливане на 10 m<sup>3</sup> разсол в дълбочинен интервал 100 m в продължение на 5h на разстояние 50 m от сондажа-смутител (Р-105) очакваният ефект (снижение на съпротивлението на водата в наблюдателния сондаж) беше от порядъка на 4—8  $\Omega$ .m. На разстояние 100 m от сондажа-смутител вероятният ефект беше от порядъка на 0,8—1  $\Omega$ .m. При по-големи скорости ефектът трябваше да бъде по-малък. Това определяше и високите изисквания към точността на резистивиметричните изследвания в сондажите през целия период на експеримента.

*Методика на изследване в сондажите.* Изследването в сондажите може да се поделени на два етапа — подготвителен и същински. Подготвителният етап включва следните операции: а) кавернометрични измервания; б) инклинометрични изследвания (измерване на азимута и наклона на сондажите с един и същ инклинометър) с цел точно определяне на разстоянието между сондажа-смутител (Р-105) и наблюдателните сондажи в интервалите на изследване; в) контролни измервания на съпротивлението на водата в сондажите. Същинският етап на експеримента включва пускане на индикатор в сондажа-смутител и резистивиметрични изследвания във всички наблюдателни сондажи през интервал от 1h.

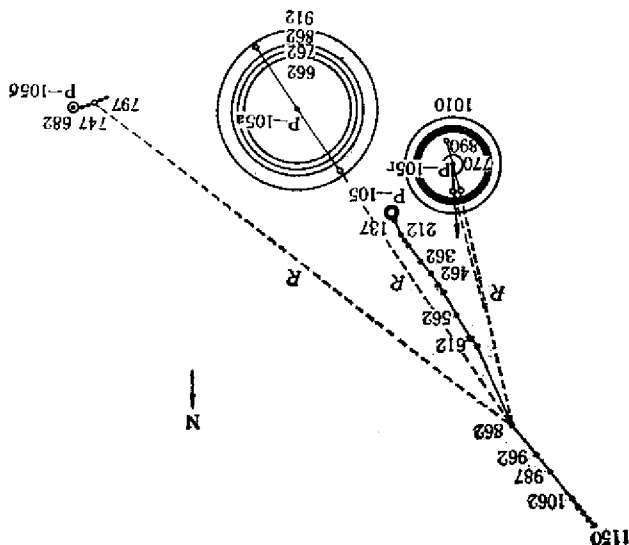
С оглед изработване на методика и по технически причини пускането на индикатор в сондаж Р-105 е проведено в следната последователност: а) на 6. VI в 16 и 17 ч. при спуснат лост на дълбочини 800 и 700 m са излети 10 m<sup>3</sup> разсол; б) на 7. VI от 0 до 2 ч. при изваден лост в сондажа са излети 10 m<sup>3</sup> разсол; в) на 8. VI от 11 до 15 ч. в сондажа са излети 8 m<sup>3</sup> разсол.

По технически причини първото измерване на съпротивлението на водата -  $\rho_{\text{в}}$  в сонда Р-105 г е направено 4 h след пускане на индикатора. Системни наблюдения през 1h започват от 7 ч. на 7. VI, т. е. 15 h след пускане на индикатора в сондаж Р-105. Наблюденията в сондажите са провеждани до фиксиране и изчезване на индикатора (до фиксиране понижаването на  $\rho_{\text{в}}$  в изследвания интервал на наблюдателния сондаж и последвалото го повишаване). Шест дни след завършване на първия експеримент изследванията са повторени с цел уточняване времето на постъпване на индикатора в сонди Р-105г и Р-105а.

Подготвителният етап при втория експеримент включва щателно промиване на сондаж Р-105 г с пластова вода до изравняване на  $\rho_{\text{в}}$  по ствола на сондажа и контролни измервания на  $\rho_{\text{в}}$  във всички наблюдателни сондажи.

Като индикатор в сонда Р-105 е изсипано 20 t сол в продължение на 7h (от 17 до 24 ч. на 20. VI). Системни наблюдения през интервал от 1h във всички сондажи започват по време на пускане на индикатора и продължават до появата му в сонда Р-105б.

Точността на резистивиметричните измервания е контролирана чрез постоянно следене изолацията на измерителната верига. Коэффициентите на резистивиметрите в началото на изследванията са определяни в съд с вода.



Фиг. 1. Хоризонтални проекции на сондажите Р-105, Р-105а, Р-105б, Р-105г; мащаб 1:1000

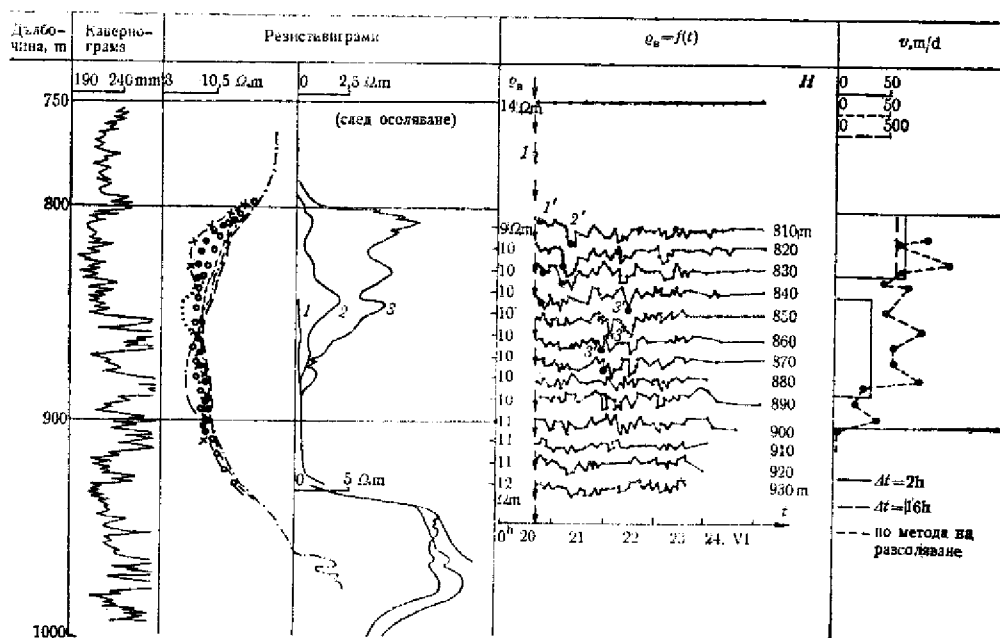
Fig. 1. Horizontal projections of the wells P-105, P-105a, P-105b, P-105g; scale 1:1000

Стабилността им по време на изследванията е контролирана по показанията в колоната. В резултат точността на измерване на  $\rho_{\text{в}}$  е  $\pm 0,1 \Omega \cdot \text{m}$ .

Скоростта на движение на пластовата вода е определяна по формулата  $v = R/\Delta t m/d$ , където  $R$  е разстоянието между сондажите в интервала на на-

блюденіе;  $\Delta t$  — времето, изминало от пускане на индикатора в сондаж Р-105 до фиксиране на ефект в съответния наблюдателен сондаж.

*Резултати от изследванията.* 1. Разстоянието между сондажите в интервалите на наблюдение е определено по дадените на фиг. 1 хоризонтални



Фиг. 2. Сондаж 105 г

—20. VI, 16 ч.; --- 20. VI, 19ч.; ● — 21. VI, 7ч.; —X— 21. VI, 9ч.; ○ — 21. VI, 13 ч.; ... 22. VI, 4ч.; — 22. VI, 7ч.; 11' —  $\Delta t=2h$ ; 12' —  $\Delta t=16h$ ; 13' —  $\Delta t=34h$ ; ↓ — час на пускане на индикатора в сондаж  $p=105$ ; ● — час на фиксиране на индикатора

Fig. 2. Well No. 105 g

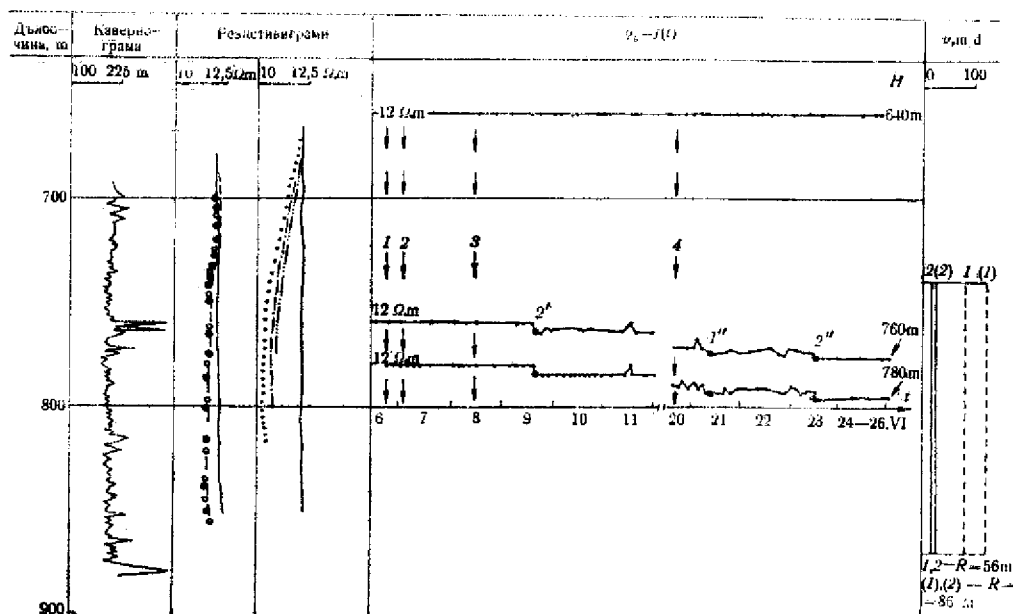
—20. VI, 16 h; --- 20. VI, 19h; ● — 21. VI, 7h; —X— 21. VI, 9h; ○ — 21. VI, 13h; ... 22. VI, 4h; — 22. VI, 7h; 11' —  $\Delta t=2h$ ; 12' —  $\Delta t=16h$ ; 13' —  $\Delta t=34h$ ; ↓ — time (hour) of the putting of the indicator in bore-hole  $p=105$ ; ● — time (hour) of the fixing of the indicator

проекции на ствола на сондажите. За интервалите, в които измерванията са проведени в колона и азимутът не е известен или наклонът е малък и азимутът е неопределим, е построена кръгова диаграма (сондажи Р-105а, Р-105г), т. е. дадено е положението на хоризонталните проекции на сондажите при еднакво вероятни азимуты — от 0 до 6,28 рад. Съгласно със схемата на фиг. 1 разстоянието  $R$  между сондажи Р-105 и Р-105 г на дълбочина 800—900 m в зависимост от азимута може да бъде от 47 до 58 m, като в най-вероятното направление (означено на схемата със стрелка) е 48 m;  $R$  между сондажи Р-105 и Р-105а на дълбочина 750—900 m е 56—86 m;  $R$  между сондажи Р-105 и Р-105 б на дълбочина 750—800 m е 103—105 m.

2. Сондаж Р-105г. Интервалът от 700 до 1200 m е покрит с перфорирана летучка. Пред вид усложнените условия на изследване през първия етап на експеримента на фиг. 2 са приведени резултатите от изследванията след 20. VI.

Анализът на резултатите показва, че 2 h след пускане на индикатора в сондажи Р-105 и Р-105 г в интервала 810—830 m се забелязва понижаване на

$\varphi_b$  с 0,2—0,5  $\Omega.m$ . В същия интервал понижаване на  $\varphi_b$  с 1,2—1,7  $\Omega.m$  се наблюдава и 14—19h след пускане на индикатора. Тъй като първият ефект в сондаж Р-105 г се появява по време на пускане на индикатора, възможно е известно повишаване на скоростта на движение на пластовата вода след-



Фиг. 3. Сондаж 105а

—6—9. VI, 13ч.; --- 9. VI, 14ч.; ○—9. VI, 19ч.; ●—9. VI, 20ч.; — 21. VI, 12—15 ч.; - - - 21. VI, 15 ч. — 22. VI, 11ч.; ... 23. VI, 12.30 ч.; 12' —  $\Delta t=72$  h; 42'' —  $\Delta t=16$  h; 42''' —  $\Delta t=67$  h; ↓ — час на пускане на индикатора в сондаж р-105; ● — час на фиксиране на индикатора

Fig. 3. Well No. 105a

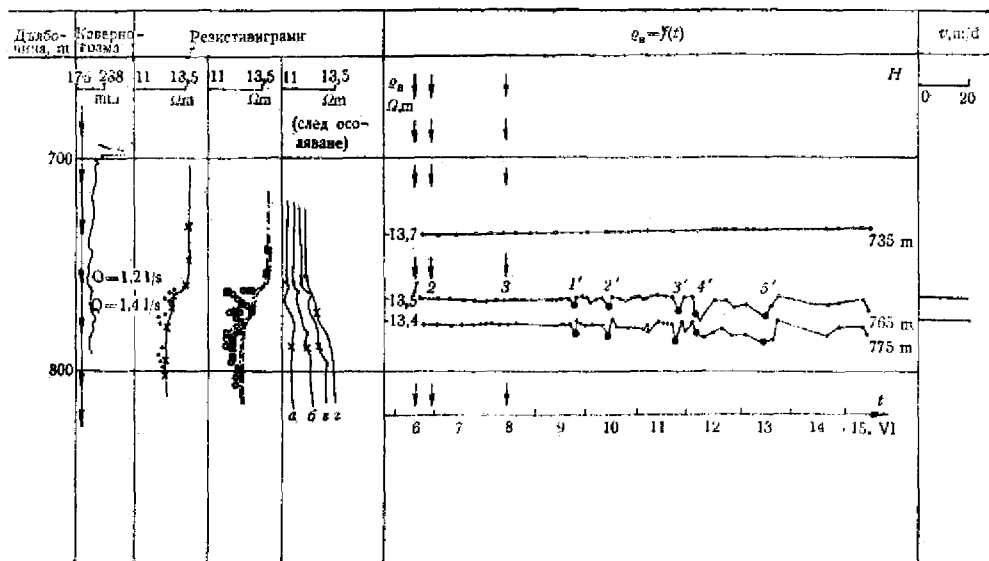
—6—9. VI, 13h; --- 9. VI, 14h; ○—9. VI, 19h; ●—9. VI, 20h; — 21. VI, 12—15 h; - - - 21. VI, 15 h — 22. VI, 11 h; ... 23. VI, 12.30 h; 12' —  $\Delta t=72$  h; 42'' —  $\Delta t=16$  h; 42''' —  $\Delta t=67$  h; ↓ — time (hour) of the putting of the indicator in bore-hole 105; ● — time (hour) of the fixing of the indicator

ствие нарушаване на хидродинамичното равновесие в изучаваната система. При  $R=48$  m за скоростта на движение на пластовата вода в дълбочинен интервал 810—830 m се получава 576 и 68 m/d.

В интервала 850—890 m понижаване на  $\varphi_b$  започва 33—34 h след пускане на индикатора. Картината на изменение на  $\varphi_b$  с времето в него е усложнена, но с увереност се отделя временен интервал от 10h, в който  $\varphi_b$  се понижава с 0,5—1,0  $\Omega.m$  по отношение на общия фон. Вероятни причини за усложнената картина на изменение на  $\varphi_b$  могат да бъдат наличие на перфорирана летучка и микропритоци на вода от затръбнето в сондажа, наличие на вертикално движение на вода в сондажа, турбулентно движение на пластовата вода.

Скоростта на движение на водата по пукнатините в интервала 850—890 m се получава 35 m/d. В интервала 890—950 m изменение на  $\varphi_b$  с времето в границите на точността на измерването не се наблюдава. Скоростта на движение на пластовата вода в този интервал, определена по метода на разсоляването, е под 0,1 m/d. В интервала 950—1000 m скоростта на движение на пластовата вода е много голяма и не може да бъде определена както по метода на разсоляването, така и по описания тук метод

3. С о н д а ж Р-105а. Изследванията в сонда Р-105а през първия етап (6—14. VI) са провеждани при трудна проходимост на сондажа за апаратурата и чести утечки в резистивиметрите. Качествените резистивиграми са малко, но дават възможност да се улови времето на постъпване на соления



Фиг. 4. Сондаж 105 б

—6—10. VI, 7ч.; ... 10. VI, 10 ч.; X—10. VI, 11ч.; —, —11. VI, 7—17 ч.; ○—11. VI, 12ч.; ■—13. VI, 12ч.; — —15. VI, 13ч.; a—10.42 ч. (x), 10.49 ч. (●); б—11.07 ч. (X), 11.08 ч. (●); e—11.24 ч. (x), 11.25 ч. (●); z—11.30 ч. (x), 11.31 ч. (●); 11'—Δt=72h; 22'—Δt=82h; 33'—Δt=80h; 14'—Δt=122h; 24'—Δt=123h; 35'—Δt=120h; ↓—час на пускане на индикатора в сондаж p-105; ●—час на фиксиране на индикатора

Fig. 4. Well No. 105 6

—6—10. VI, 7h; ... 10. VI, 10h; x—10. VI, 11h; —, —11. VI, 7—17 h; ○—11. VI, 12 h; ■—13. VI, 12h; — —15. VI, 13h; a—10.42 h (x), 10.49 h (●); б—11.07 h(x), 11.08h (●); e—11.24 h (x), 11.25h (●); z—11.30h(x), 11.31 h(●); 11'—Δt=76h; 22'—Δt=82h; 33'—Δt=80h; 14'—Δt=122 h; 24'—Δt=123h; 35'—Δt=120 h; ↓—time (hour) of the putting of the indicator in bore-hole; ●—time (hour) of the fixing of the indicator

разтвор в сондажа с точност 2—4 h. Характерно за този сондаж е, че при преминаване на солената порция вода съпротивлението на водата  $\rho_b$  намалява в целия интервал от 740 до 870 m. Както се вижда от фиг. 3, през първия етап от изследванията индикаторът е фиксиран 72 h след пускането му в сондаж Р-105.

Изследванията през втория етап (20—26. VI) са проведени с изправна апаратура и резистивиметри, осигуряващи висока точност на измерване на  $\rho_b$ , което дава възможност да се фиксират два момента на постъпване на солена разтвор в сондажа: първият — 16h след пускане на индикатора — с ефект 0,2  $\Omega.m$ , и вторият — след 67 h, с ефект 0,3—0,4  $\Omega.m$ . Вероятно първият ефект е от солена вода, движеща се по пукнатини с неголяма извилистост, а вторият — от вода, движеща се по пори с висок структурен коефициент (с повишена извилистост). Съответно за скоростта на движение на пластовата вода се получават следните стойности: първи етап —  $v=19(29)$  m/d, втори етап —  $v_1=84(129)$  m/d,  $v_2=20(31)$  m/d.

4. С о н д а ж Р-105 б. Дебитометричните изследвания, проведени непосредствено преди резистивиметричните, показват приток на пластова вода в сондажа от дълбочини 765 и 775 m. На кавернограмата водоотдаващите

хоризонти се отделят с разширение на диаметъра на сондажа, характерно за лункатини.

Контролната резистивиграма в сондаж Р-105 б представлява крива с характерно понижение на  $\rho_b$  под дълбочина 760 m (фиг. 4, плътната линия в графа 3), което се запазва постоянно при многократните (през 1h) измервания на  $\rho_b$  от 6 до 9. VI. Моментът на постъпване на солена вода в сондажа се установява по понижаването на  $\rho_b$  на дълбочини 765 и 775 m. Затова на фиг. 4 е нанесено изменението на  $\rho_b$  с времето само срещу тези дълбочини.

Пред вид на голямата отдалеченост на сондаж Р-105б от Р-105 измерванията в него са провеждани с резистивиметър и лаборатория, осигуряващи максимална точност при измерванията.

На кривите на изменение на съпротивлението на сондажния разтвор с времето (фиг. 4) ясно се отделят моментите на постъпване на солена вода в сондажа. Аномалиите 1', 2' и част от 3', получени средно 80 h след пускане на индикатора, трябва да се свързват с осоляванията, проведени на 6-ти, 7-ми и 8. VI, от вода, движеща се по пукнатини със скорост 30(31) m/d. Аномалиите 3', 4' и 5', получени средно 122 h след пускане на индикатора, са резултат от постъпване на солена вода, движеща се по пукнатини с повишена извилистост със скорост 20 m/d.

В табл. 1 са приведени получените скорости на движение на пластовата вода по сондажи и интервали.

Таблица 1  
Table 1

Скорости на пластовите води  
Velocities of the layers waters

P-105г		P-105а		P-105б	
R=47(58) m		R=58(86) m		R=103(105) m	
интервал, m	v, m/d	интервал, m	v, m/d	интервал, m	v, m/d
700—800	<2	700—740	<3	700—763	<4
810—830	1) 564(696)* 2) 66(82)	740—870	1) 84(129) 2) 20(30)	763—766	1) 30(31) 2) 20(21)
850—890	34(42)			773—776	1) 3'(31) 2) 20(21)
890—950	<2				
950—1000	много висока				

\* В скоби са поставени скоростите, изчислени по приведеното в скоби разстояние R между сондаж Р-105 и съответния наблюдателен сондаж.

С увеличаване разстоянието на наблюдателния сондаж от сондажа-смутител: 1) намаляват максималните скорости на движение на пластовите води; 2) средните скорости на движение на пластовите води по пукнатините с усложнена конфигурация в изучавания район в двата сондажа, намиращи се по-далеч от тектонското нарушение, са от порядъка на 20 m/d; 3) в интервалите, посочени в първия ред на табл. 1, за времето на наблюдение (20d) не е фиксирано постъпване на индикатор. Следователно скоростта на движение на пластовата вода в тези интервали е по-ниска от посочената.

Проведените изследвания показват, че по описания метод се определят скоростите на движение на пластовата вода по пукнатини и свързано свързани каверни. Получаване на данни за скоростта на движение на водите по пори и изолирани каверни се затруднява както поради зацапване на разтвора в наблюдателните сондажи от индикатора, постъпил по пукна-

тините и движещ се надолу по сондажа, така и поради голямата продължителност на наблюденията.

Изследванията са проведени с две станции АКС с ръководители Ч. Тодоров, Н. Йовински и Ст. Искрев. Подготовката на сондажите е извършвана от група за изпитване. Изказваме благодарост на А. Аголян, Ив. Стоянов и В. Парашкевова за оказаното съдействие.

## Л и т е р а т у р а

- Н и к о л о в а, Й. Б. 1977. Изследване вместиимостните и филтрационните свойства на силно окарстените неогенски и малм-валанжински отложения в Добруджанския възлищен басейн по сондажно-геофизични данни. Геофонд на ГИ на БАН.
- Н и к о л о в а, Й. Б., С. М и ч е в. 1978. Изследване вместиимостните, филтрационните и якостните свойства на неогенските и малмваланжинските отложения в Юго-източната част на Добруджа по сондажно-геофизични данни. Геофонд на КГ.

Одобрена на 29. V. 1980 г.

Accepted May 29, 1980

## Determining of the Water Seepage Velocity in Dobroudja's Valanginian Sediments by Means of Resistiv Metric Investigations in a Group of Bore Holes

*Yovka Nikolova, Stoyan Michev*

(S u m m a r y)

The Valanginian's sediments in Doboudja have as characteristic properties, changing very much on the profile storage capacity, and seepage properties. The void space is consisting of voids, pores, cracks and caverns. The size of cracks and caverns is varying in wide limits. A part of the caverns are isolated, another part are fully connected. In wide limits is varying too the velocity of water movement in the layers.

The results from the determining of the velocity of movement of the layer water are obtained from resistivimetric investigations in a group of bore holes situated at distances up to 100 m between them, and having an indicator in one of them. The water resistance in the bore holes for observation has been measured every hour (with an exactness of  $\pm 0.1 \Omega m$ ) beginning with the putting of NaCl in the bore hole-initiator to fixation and passing of the indicator through the observation bore holes.

The results obtained show that the method described give in Doubroudja conditions the possibility to determine only the velocity of moving of the layer water along cracks and fully connected caverns.