



## Method of Control by Measurement of Electrokinetic Potentials

Ivan KOLEV, Georgi KOLEV

Key Diffusion Ltd. 2, eng. Georgi Belov Str., 1712 Sofia, Bulgaria,  
Phone: +359 878 128 373; e-mail: [jorjo7@abv.bg](mailto:jorjo7@abv.bg)

### Abstract:

The timely detection of filtration plots and defects in dams is of paramount importance for the safe operation of these critical and potentially hazardous facilities for the country's economy. The electrokinetic method for detecting the filtration sections and defects of the submerged parts of the dam walls and in particular of their elements, such as screens, injecting curtains during operation, was developed in the 70s of the last century by engineer Ivan Kolev. This method used for solving several problems related to the detection of filtration plots of: the dam walls and lakes of the Beli Lom, Kula and Valchovets, the anti-filtration curtain of the Topolnitsa dam, the bulk wall of the Poletkovtsi dam; the dam wall and the lake of Mihailovgrad dam; and in many other places in Bulgaria. The method can also be used to detect corrosive areas or leakage from underground reservoirs, pipelines, and to control the filtration properties of lined and non-lined channels, which is particularly important in landslides that are vulnerable to landslides.

**Keywords:** control, electrokinetic potentials, filtration, barrages, dams, gas pipeline, pipeline

## Метод за контрол чрез измерване на електрокинетични потенциали

Иван КОЛЕВ, Георги КОЛЕВ

### 1. Въведение

Електрокинетичният метод за откриване на филтрационни участъци и дефекти на потопените части на язовирните стени и по конкретно на техните елементи, като екрани, понури, инжекционни завеси по време на експлоатация е разработен през 70-те години на миналия век от инж. Иван Колев [1].

Своевременното откриване на филтрационните участъци и дефекти в язовирните стени е от изключително голямо значение за безопасната експлоатация на тези изключително важни за икономиката на страната и в същото време отговорни и потенциално опасни съоръжения.

С този метод са решавани проблеми свързани с откриване на филтрационни участъци на:

- язовирните стени и езера на язовирите Бели Лом, Кула и Вълчовец, подробно описани в доклад публикуван в Мексико 1976 г. на международен конгрес за големите язовири [2];
- противифилтрационната завеса на яз. Тополница, като резултатите от измерванията са показали дълбочината и мощността на филтрационните участъци;
- насипната язовирна стена на язовир Полетковци - Видинско;
- язовирната стена и езерото на язовир Михайловград;

и на редица други места в България.

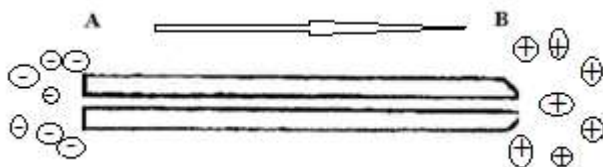
Методът също така може да се използва за откриване на корозирани зони или изтичания от подземни резервоари, газопроводи, тръбопроводи и за контролиране на

филтрационните качества на облицовани и необлицовани канали, което е особено важно в опасните от свлачища райони.

## 2. Физична основа на метода.

При движение на водата през пореста среда протичат процесите филтрация и инфилтрация, при което се създават кинетични електрични потенциали.

Създаването на кинетични електрични потенциали и съответното електрично поле може да се обяснят за идеална капиляра при ламинарно течение, като се има предвид, че подземните води и водите в реките и язовирите са с различни по вид и концентрация разтворени вещества и представляват слаб електролит по следния начин: при движението на водата през капиляра, вследствие на адсорбционните сили на стените се задържат йоните от единия знак (обикновено анионите, които имат по-голям радиус) и на границата на водата и твърдото вещество се образува двоен електрически слой: външен, неподвижен „обвивка“, която се състои от адсорбиращи отрицателни йони и вътрешен, подвижен от положителни йони. В резултат на това при движението на водата, от капилярата се изнасят повече положителни йони отколкото отрицателни, при което на изхода на капилярата се натрупват положителни заряди, а на входа отрицателни. При движението на водата в капилярата между началото и т. А и края т. В (фиг. 1), се създава потенциална разлика, пропорционална на хидростатичното налягане и зависи от електричната константа, специфичното съпротивление и визкозитета на водата.



фиг. 1

Стойността на кинетичната потенциална разлика може да се изчисли по формулата:

$$\Delta U = \frac{\xi \varepsilon p \rho}{4 \pi \eta}$$

където:

$\xi$  - потенциалната разлика между обвивките, слоевете

$\varepsilon$  - диелектрична константа на водата

$p$  - разликата в налягането между краищата на капилярата (между т.А и т.В), т. е. между началото и края на пътя на филтрацията.

$\rho$  - специфично съпротивление на водата

$\eta$  - визкозитет на водата

В реални условия пътищата на движещата се вода – филтрацията представляват сложно съчетание на капиляри – празнини, образувани както от неуплътнени фуги около масивните съоръжения, така и от изнасянето на разтворимите и трудноразтворими частици от язовирните стени и техните съоръжения, при преминаването на вода през тях.

Филтрацията е пропорционална на изменението на напора  $\gamma$ . Стойността на кинетичната електродвижеща сила зависи от скоростта и напора на филтрацията. Колкото са по-големи скоростта и напора, толкова е по-голяма стойността на възникващата електродвижеща сила.

Тази зависимост се изразява с формулата:

$$E = m \frac{H\rho}{\eta}$$

където:

$E$  - електродвижещата сила на филтрацията

$m$  - коефициент зависещ от вида на материалите и скалите

$\rho$  - специфично електрично съпротивление на водата

$\eta$  - визкозитет на водата

$H$  - хидравличен напор

Методът се основава на базата на самосъздаващото се кинематично електрично поле при движението на водата през пореста среда – процесът филтрация.

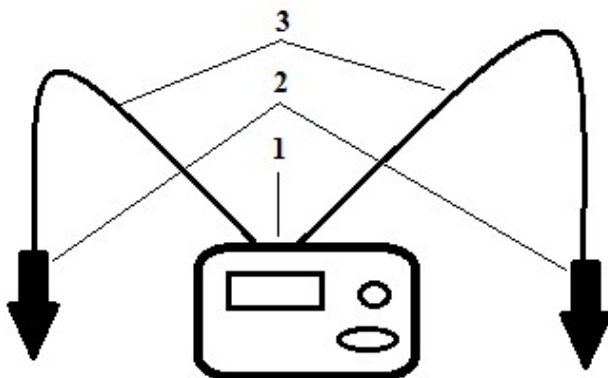
Същността на този метод е измерването на самосъздаващото се кинематично електрично поле, което е отражение на филтрационните свойства на обекта на измерване (язовирна стена с противифилтрационните ѝ съоръжения, канали, подземни резервоари, газопроводи или водопроводи).

### 3. Измерване на кинетичните електрични потенциали

#### 3.1. При язовирни стени и противифилтрационни съоръжения

Измерването на създаващите се кинетични електрични потенциали от движението на водата през, под и в обхода на язовирните стени и противифилтрационните им съоръжения се извършва чрез неполяризиращи се метални и неметални електроди и стандартен апарат за геофизични електрични проучвания.

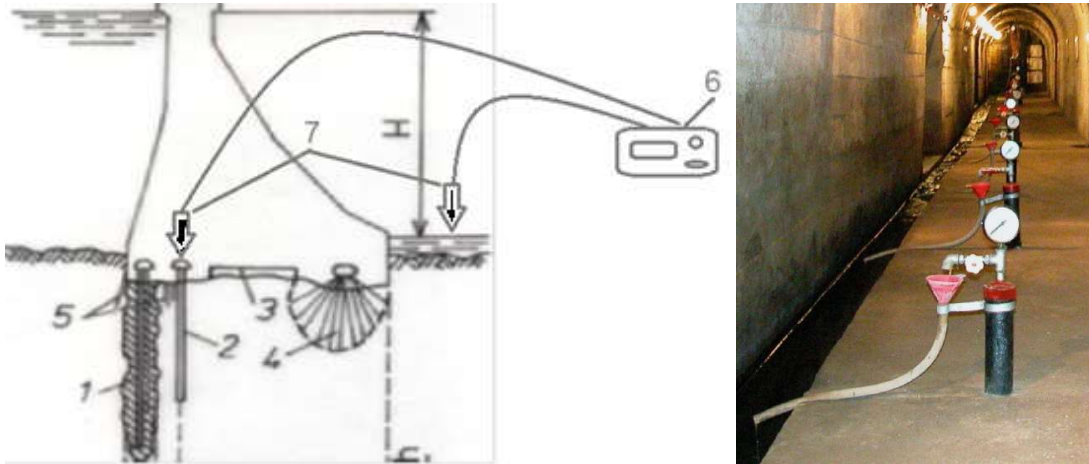
Измерванията могат да се извършват или по метода на потенциала (с един неподвижен електрод поставен в определена точка в електричното поле и втори подвижен) или по метода на градиента (чрез преместване на двата електрода през предварително определени равни разстояния със застъпване).



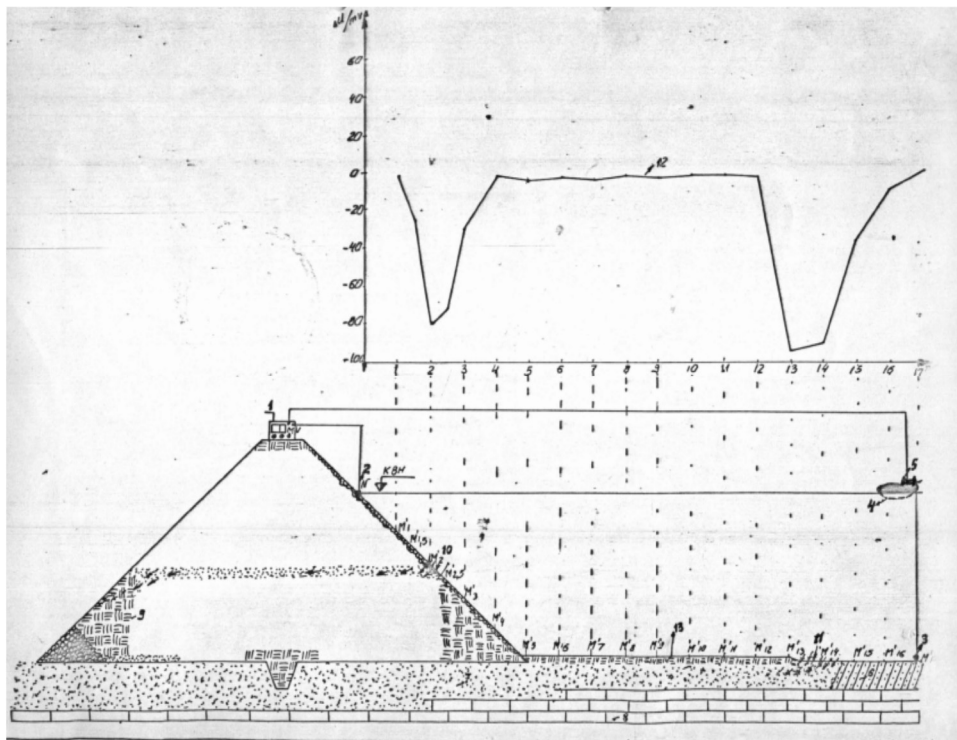
фиг. 2

1 - апарат за геофизични електрични проучвания; 2 - неполяризиращи се неметални електроди; 3- стоманизирани кабели;

При контролиране за наличие на филтрационни процеси в завесите и скатове на язовирните стени измерванията се извършват в пиезометричните наблюдателни сондажи и по дъното на язовирното езеро. За разлика от традиционни методи като метод на граничните точки, радиомертичен метод или метод на скоростите на дотичане за контрол на язовирните стени, *методът за контрол чрез измерване на електрокинетичните потенциали позволява точно определяне на филтрационните полета (участъци) както по хоризонтално, така и по вертикално направление на язовирната стена.*



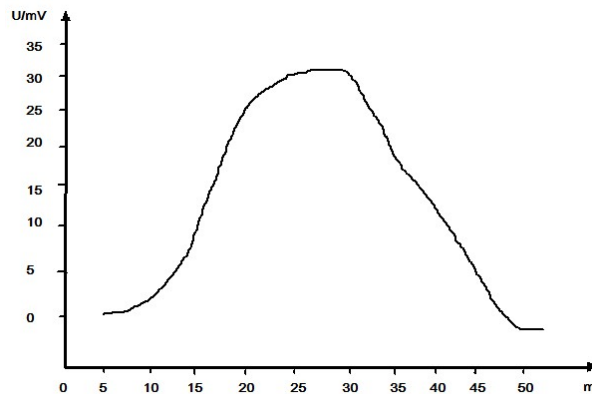
фиг. 3: 1 - противофилтрационна завеса; 2 – дренажни (пиезометрични) сондажи; 3 – хоризонтален дренаж; 4 – сондажи на заздравителна циментация; 5 – площна циментация; 6 - апарат за геофизични електрични проучвания; 7 - неполяризиращи се метални електроди;



фиг. 4: 1 - апарат за геофизични електрични проучвания; 2 и 3 – неполяризиращи се метални електроди; 4 – лодка; 5 – катюшка с проводник; 6 – пясъчна глина; 7 - пясък; 8 - варовик; 9 - глинени насип; 10 и 11 - филтрационни огнища; 12 - графика на измерените потенциали; 13 – понур

На фиг. 4 е показана принципна схема за измерване на кинетичните електрични потенциали в язовирните езера с графика на измерените потенциали.

При извършване на измервания на електричното поле по десния скат на яз. Огоста измерихме положителна аномалия, която разкри участък на инфилтрация (изход на филтрация), показан на графиката на фиг. 5.

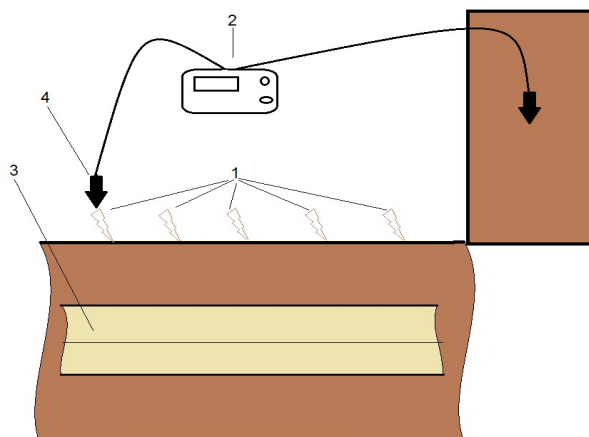


фиг. 5

Основно предимство на метода при контролирането за наличието на филтрационни процеси в завесите и скатове на язовирните стени е точно определяне на филтрационните полета (участъци) *както по хоризонтално, така и по вертикално направление на язовирната стена*. Друго важно предимство е сравнително ниската себестойност за реализирането на измерванията и липсата на каквото и да било влияние върху околната среда.

### 3.2. При подземни резервоари, газопроводи, тръбопроводи

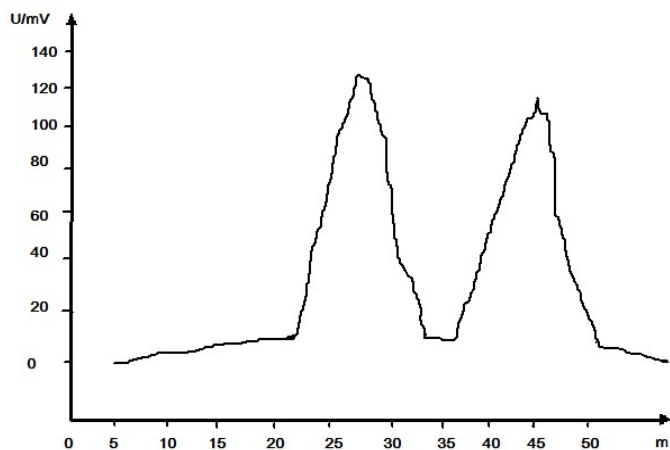
При контролиране за наличие на корозирали участъци или наличие на изтичания при *подземни резервоари, газопроводи или тръбопроводи* измерванията се извършват чрез неполяризиращи се неметални електроди и стандартен апарат за геофизични електрични проучвания по наземен профил с необходимият брой точки покриващи площта на резервоара или в достатъчен брой точки по дължината на наземното трасе над контролирания газопровод или тръбопровод.



фиг. 6: 1-точки за измерване; 2- апарат за геофизични електрични проучвания; 3 - обект на контрол; 4 - неполяризиращи се неметални електроди

За наличието на корозия или изтичане се съди по измерените стойности на потенциалите, като наличието на аномалия в стойностите на електричното поле е индикация за наличие на корозия или изтичане, а характеризацията се извършва в зависимост от размера на измерената аномалия.

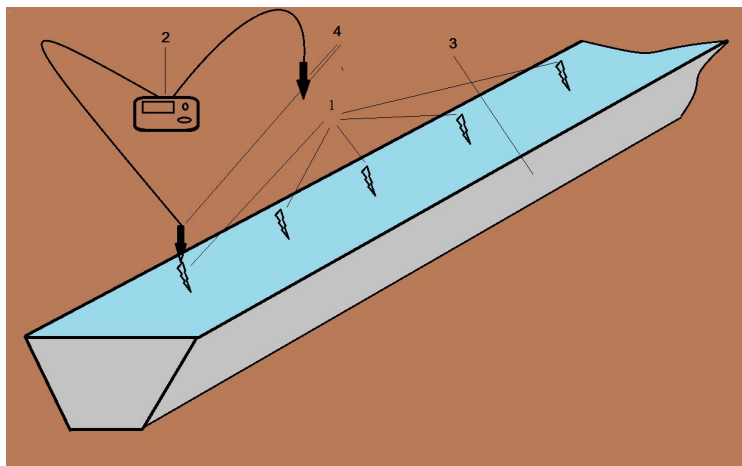
При извършване на измервания над стоманен тръбопровод в близост до яз. Монтана, измерихме силни положителни аномалии над корозирали участъци, показани на графиката на фиг.7.



фиг. 7

### 3.3. При канализационни съоръжения

При контролиране за наличие на филтрационни процеси в *облицовани или необлицовани канали* измерванията се извършват чрез неполяризиращи се метални електроди и стандартен апарат за геофизични електрични проучвания в достатъчен брой точки по дължината и дъното на контролирания канал. За наличието на филтрационни процеси се съди по измерените стойности на потенциалите, като наличието на аномалия в стойностите на електричното поле е индикация за наличие на филтрационни процеси, а за точното определяне на местоположението на филтриращият участък се извършват измервания в по-голям брой точки в зоната на измерената аномалия.



фиг. 8: 1-точки за измерване; 2- апарат за геофизични електрични проучвания; 3 - обект на контрол; 4 - неполяризиращи се метални електроди

## **Заклучение**

В заключение можем да кажем, че методът е икономически съобразен за широко използване при търсенето на филтрационни участъци. Чрез този метод единият от авторите е извършвал проучвания на десетки места по искане на експлоатацията, като решенията на база извършените измервания са спестили милиони левове и е осигурена безопасната експлоатация на контролираните съоръжения.

Методът е особено актуален за контролиране на подземни резервоари, като газови хъбове, резервоари за нефтопродукти или напоителни нужди и за контрол на подземни газопроводи и тръбопроводи в експлоатация.

## **Литература**

1. Основной курс электроразведки. Автор В. К. Хмелевской, Изд. Московски университет, 1970.
2. Kolev I., Report for Earth Dam In-Situ Filtration Studies by Geophysical Methods, Commission Internationale des Grands Barrages in Mexico, 1976.