

*Геология*

УДК 550.8.055

Д. А. ХАЧАТРЯН

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ  
НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ МЕТОДА  
ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА С ПОМОЩЬЮ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассматриваются некоторые вопросы, связанные с изучением влияния поверхностных неоднородностей на результаты метода заряженного тела. Приводится пример, доказывающий, что недоучет влияния поверхностных неоднородностей может привести к ошибочным результатам. Предлагается новая методика полевых работ, обработки и интерпретации полевых данных.

Применение метода заряженного тела или метода заряда для поисков и разведки рудных тел, обладающих высокой электрической проводимостью, или при решении специфических задач, таких, как определение направления и скорости подземного потока и корреляция разрезов скважин, вскрывших хорошо проводящие тела, часто не дает удовлетворительных результатов из-за поверхностных неоднородностей по удельному электрическому сопротивлению [1—5]. Поэтому изучение влияния поверхностных неоднородностей и их учет всегда находились в центре внимания исследователей.

Изучение влияния поверхностных неоднородностей с помощью физико-математических уравнений невозможно, так как их форма, размеры и удельное электрическое сопротивление изменяются по площади в широких пределах. Кроме того, в большинстве случаев из полевых данных неизвестно наличие или отсутствие неоднородностей без привлечения дополнительных исследований. Поэтому влияние поверхностных неоднородностей на результаты метода заряженного тела изучалось с помощью моделирования.

Влияние поверхностных, особенно плохо проводящих неоднородностей исключается путем измерения горизонтальной и вертикальной составляющих, магнитного поля тела, заряженного переменным током. Однако при измерении магнитного поля заряженного тела оказывает влияние магнитное поле подводющих проводов, заземлений, которое учитывается путем расчетов и поправок, что несколько затрудняет обработку полученных материалов. Кроме того, на результаты измерений магнитного поля оказывают влияние хорошо проводящие покровные и поверхностные образования.

Влияние поверхностных неоднородностей на результаты метода заряженного тела при изучении электрического поля освещены в работах [1—3, 5] и др.

Один из способов исключения влияния поверхностных неоднородностей, предложенный Г. П. Саковцевым и А. А. Редозубовым [5], заключался в нормировании значения потенциала или градиента потенциала на кажущееся электрическое сопротивление на каждой точке измерения, определенное с помощью метода срединных градиентов ( $\Delta U/\rho_k$ ). Исключение влияния поверхностных неоднородностей аналогичным способом на основе моделирования рекомендовано А. С. Поляковым [1]. Однако здесь значение кажущегося электрического сопротивления определяется с помощью симметричного электропрофилирования.

Недостаток описанного способа заключается в том, что поверхностные неоднородности оказывают влияние и на результаты электропрофилирования. Кроме того, значение кажущегося электрического сопротивления зависит не только от изменения удельного электрического сопротивления и мощности неоднородностей, но и изменения геоэлектрического разреза в целом, а также от размеров питающих линий. В связи с этим возникают затруднения при учете влияния всех этих факторов на значение  $\rho_k$ . Немаловажен и тот факт, что дополнительные работы по электропрофилированию приводят к увеличению стоимости полевых работ.

Второй способ исключения влияния поверхностных неоднородностей, предложенный Г. П. Саковцевым и А. А. Редозубовым [5], заключается в измерении градиента потенциалов  $\Delta U'$  и  $\Delta U''$  дополнительных источников, расположенных на дневной поверхности симметрично и нормально (справа и слева) к профилю наблюдения на расстоянии, равном глубине погружения основного источника тока, и нормировании значений градиента потенциала на среднеарифметическое значение потенциалов  $\Delta U'$  и  $\Delta U''$  или же среднеарифметическое значение  $\rho_k$ , определенное с помощью этих источников на каждой точке измерения. Однако, как показали исследования, приведенные в работах [3, 5], эффективность вышеупомянутого способа, за исключением редких случаев, такая же, как и при обычной методике работ. Кроме того, стоимость полевых и камеральных работ значительно повышается.

Влияние поверхностных неоднородностей на результаты метода заряда изучалось нами с помощью моделирования в объемном баке. Бак размером 2,5×1,5×1,5 м был заполнен кварцевым песком, увлажненным водой, удельное электрическое сопротивление которого равнялось 40,0 Ом·м.

Так как моделировался не конкретный геологический объект, условие, требующее сохранения соотношений геометрических размеров природы и модели, исключалось. Однако необходимые условия метода заряженного тела сохранялись, т. е. заряженное тело представляло собой проводник, а вмещающие породы (среда в баке—песок, увлажненный водой) имели конечные значения удельного электрического сопротивления.

Мощность поверхностных неоднородностей составляла 2 см и превышала глубину заземления приемных электродов в 1,3 раза. В природе при заземлении питающих электродов на глубину 15—20 см мощность поверхностных неоднородностей составляла 20—25 см. Заряженное тело диаметром 15 см помещалось на глубине 10—12 см от верхней поверхности бака.

Измерения проводились по заранее разбитой и закрепленной сети на поверхности бака. Расстояние между точками наблюдений составляло 3,0 см. Это дало возможность проводить 4—5 измерений непосредственно над заряженным телом.

Измерения проводились методом заряженного тела: а) без заряженного тела и неоднородностей с целью изучения неоднородностей

среды, б) с заряженным телом без поверхностных неоднородностей, с) с заряженным телом и с поверхностными неоднородностями.

Плохо проводящей поверхностной неоднородностью служил сухой кварцевый песок. Измерения проводились во влажной среде с помощью измерителя кажущегося сопротивления ИКС-1, обеспечивающего высокую точность измерения в таких условиях. Генератор прибора ИКС-1 помещался на расстоянии 5,0 м от милливольтметра в противоположной стороне бака. Генератор прибора был соединен с проводящим телом и электродом, помещенным в «бесконечность», на расстоянии, превышающем в 20 раз длину изучаемой площади.

Провода, соединяющие милливольтметр с приемными электродами, не перекрывались проводами питающих линий, что дало возможность исключить индуктивные явления (рис. 1).

Приемными электродами служили медные проволоочки диаметром 1,0 мм. Фиксация глубин погружения электродов производилась с помощью непроводящей пластинки размером 1×1 см, закрепленной на расстоянии 1,5 см от свободного конца электродов.

Измерения проводились как способом потенциалов, так и способом градиента потенциала. Помимо величин разности потенциалов и градиента потенциала ( $\Delta U/r_{MN}$ ), где  $r_{MN}$  — расстояние между приемными электродами, дополнительно определялось общее сопротивление заземления ( $R_{ззз}$ ) приемных электродов М и N путем создания электрического поля между приемными электродами М и N и измерением силы тока  $I'$  и напряжением  $U'$  в этой цепи. Измерение общего сопротивления заземления проводилось по схеме, изображенной на рис. 2.

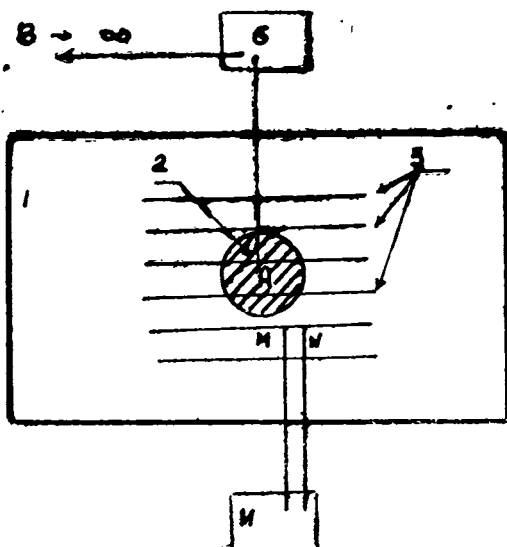


Рис. 1. Схема моделирования метода заряженного тела в лабораторных условиях: 1—бак с кварцевым песком, 2—заряженное тело 3—профили измерения, М и N—милливольтметр и генератор измерителя кажущегося сопротивления ИКС-1.

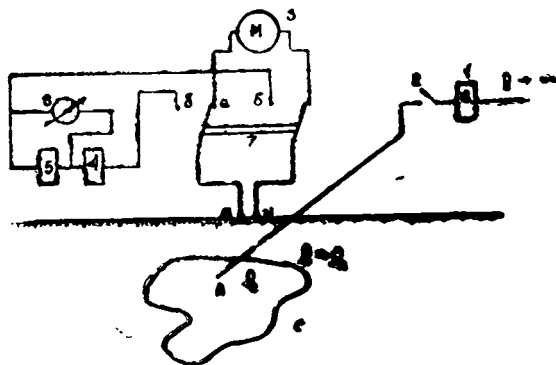


Рис. 2. Схема проведения работ методом заряженного тела с измерением общего сопротивления приемной линии.

Питающий электрод А был соединен с хорошо проводящим объектом, а с помощью ключа 2—с генератором прибора ИКС-1. Электрод В отнесен в «бесконечность». Приемные электроды М и N с помощью ключа 7 по необходимости соединялись с милливольтметром 3 измерительного прибора ИКС-1 или с дополнительной установкой, состоящей из электроразведочного автокомпенсатора (АЭ-72) 4, источника постоянного тока 5, измерителя напряжения 6 и ключа 7.

Измерения осуществлялись в следующей последовательности. С помощью ключа 2 генератор ИКС-1 подключался к заряженному телу. Ключ 7 ставился в положение аа, и по милливольтметру 4 измерялась разность потенциалов или градиент потенциала. После взятия отсчета с помощью ключа 2 генератор отключался от проводящего тела, а ключ 7 ставился в положение бб, создавая электрическое поле с помощью источника тока 5 между электродами М и N, и измерялось значение силы тока  $I'$  автокомпенсатором 4 и напряжения  $U'$ —измерителем 6.

При работе способом градиента потенциалов знак значений  $\Delta U/\gamma_{MN}$  определяется с помощью АЭ-72 и источника постоянного тока, соединенного с проводящим телом.

В результате измерений получались значения разности потенциалов, градиента разности потенциалов, значения силы тока  $I'$  в цепи приемных электродов М и N и напряжения  $U'$ .

Расчет значений сопротивления заземлений проводился по формуле

$$R_{\text{заз}} = U'/I'. \quad (1)$$

Для каждой точки измерения рассчитывалось значение  $\Delta U_i \times \bar{R}_{\text{заз}}/R_{i\text{заз}}$  или  $\Delta U_i/\gamma_{MN} \times \bar{R}_{\text{заз}}/R_{i\text{заз}}$ , где  $\Delta U$  и  $R_{i\text{заз}}$ —значения разности потенциалов и сопротивления заземления в точке  $i$ , а  $\bar{R}_{\text{заз}}$ —среднеарифметическое значение сопротивлений заземлений по данному профилю.

После завершения расчетов строились карты и графики этих величин, которые затем интерпретировались.

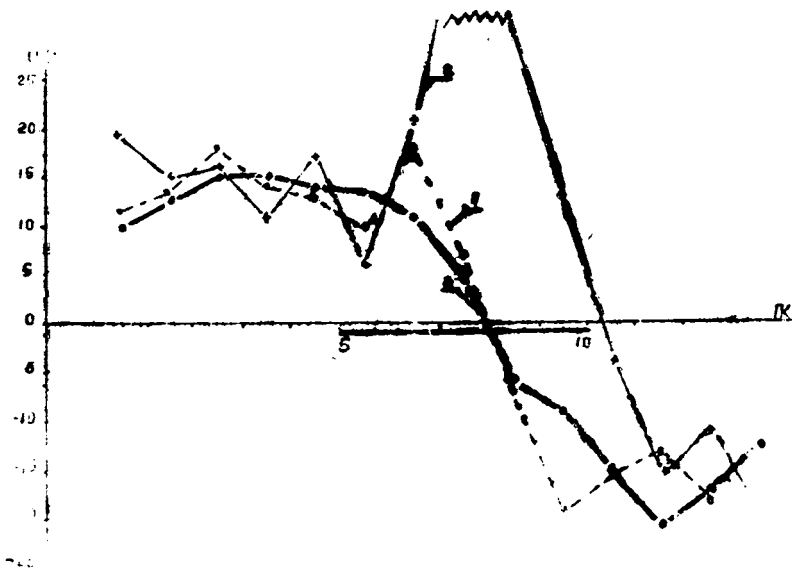


Рис. 3. Графики градиента потенциалов метода заряженного тела: 1—без поверхностных неоднородностей, 2—при наличии поверхностных неоднородностей, 3—график значений  $\Delta U_i/\gamma_{MN} \times I'_i/\bar{I}'$ .

Так как во время лабораторных измерений напряжение источника тока 5 оставалось постоянным, то вместо значений величин  $\Delta U_1 \times \bar{R}_{3aa} / R_{13aa}$  и  $\Delta U_1 / \Gamma_{MN} \times R_{3aa} / R_{13aa}$  рассчитывались значения  $\Delta U_1 \times I_1' / \bar{I}'$  и  $\Delta U_1 / \Gamma_{MN} \times I_1' / \bar{I}'$ , где  $I'$  — среднее арифметическое значение силы тока по данному профилю.

На рис. 3 приведены графики градиента потенциала способа заряженного тела в случае отсутствия поверхностных неоднородностей (гр. 1) и при наличии поверхностных неоднородностей на пикетах 5—10, удельное сопротивление которых выше, чем на остальных точках (гр. 2), а на 3 представлены значения  $\Delta U_1 / \Gamma_{MN} \times I_1' / \bar{I}'$ .

Как видим, наличие плохо проводящих поверхностных неоднородностей приводит к искажению графика градиента потенциала 2. Переход графика 2 через нулевое значение, указывающий на положение центра заряженного, хорошо проводящего объекта [2, 3], находится между пикетами 10 и 11, в то время как на указанном месте хорошо проводящий объект отсутствует, тогда как на графике 3, представляющем величину  $\Delta U_1 / \Gamma_{MN} \times I_1' / \bar{I}'$ , переход через нулевое значение происходит вблизи центра заряженного тела, находящегося между пикетами 6—10. Если бы при проверочных работах руководствовались графиком 2, были бы произвольно израсходованы большие средства, а главное, не был бы обнаружен искомый объект, хотя он и существует.

Как видим, предлагаемый способ измерения и обработки данных имеет несомненное преимущество, и его применение намного повысит эффективность метода заряда, позволит правильно определить местонахождение хорошо проводящего объекта.

*Кафедра геофизических методов  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых*

*Поступила 25.02.1987*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков А. С. Руководство по методу заряда. М.: Недра, 1969.
2. Роднонов П. Ф. Электроразведка методом заряда. М.: Недра, 1971.
3. Резодубов А. А. Оценка влияния мешающих факторов на результаты наблюдений по методу погруженных электродов. Разведочная геофизика.—Тр. СГИ, 1962, вып. 41.
4. Рогачев Б. В. Руководство по методу заряда с измерением магнитного поля. М.: Недра, 1965.
5. Саковцев Г. П., Резодубов А. А. Методы скважинной электроразведки при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1968.

## Ա մ փ ո փ ու մ

Մոդելայցման աշխատանքների հիման վրա ուսումնասիրվում է ըստ տեսակարար էլեկտրական դիմադրության անհամասեռությունների աղավաղող ազդեցությունը լիցքավորված մարմնի մեթոդի արդյունքների վրա: Բերված օրինակները ցույց են տալիս, որ դաշտային աշխատանքի արդյունքները մեկնաբանելիս աղավաղումները կարող են հանգեցնել ոչ ճիշտ եզրակացության: Մակերևութային անհամասեռությունների ազդեցությունը հաշվի առնելու համար առաջարկվում է դաշտային աշխատանքների, ինչպես նաև դաշտային սվայաների մշակման և նրանց մեկնաբանման նոր մեթոդիկա:

## SUMMARY

Based on modelling we have studied the effects of superficial heterogeneous bodies according to the results obtained by the method of charged body. New methodology has been suggested for field work, processing and interpretation of field results.