

УДК: 553.3/4 : 550.837.21

Г. М. ПЕТРОСЯН, А. В. МАНУКЯН, С. Ю. БАЛАСАНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
В ПРИСУТСТВИИ ДИЭЛЕКТРИКА

На стадиях разведки и эксплуатации рудных месторождений важнейшей геологической задачей является прослеживание и корреляция рудных тел. Обнаружение проводящих тел и корреляция пересечений, принадлежащих проводящим телам, являются привычными задачами применения методов подземной электроразведки на постоянном токе. Непроводящие же тела—кварцевые и карбонатные жилы, дайки остаются вне сферы применения подземной электроразведки, хотя актуальность геологической задачи вовсе не отпадает. Для вовлечения непроводящих объектов в круг решаемых задач, необходимо знать закономерности распределения электрического поля в присутствии непроводящих тел. Не приходится говорить о решении прямой задачи для диэлектрика, который не может быть заряжен, хотя, строго говоря, диэлектрик, помещенный в электрическое поле, поляризуется.

При проведении лабораторного моделирования жилыные образования аппроксимируются пластинкой. Нами выполнены модельные работы для выявления закономерностей распределения поля точечного источника (ТИ) постоянного тока в присутствии вертикально расположенной прямоугольной пластинки-диэлектрика. При физическом моделировании, как известно, измерения следует проводить как в присутствии объекта, так и без него. Нами проведено площадное измерение потенциала поля вначале без пластинки в баке размерами $200 \times 156 \times 110$ см, заполненном обводненным кварцевым песком с $\rho_1 = 84$ ом.м. Затем в песок вертикально была помещена пластинка из органического стекла толщиной 1,5 мм, длиной 30 см и высотой 40 см; верхняя кромка ее находилась в плоскости измерений потенциала. Источник тока был заземлен на поверхности песка рядом с объектом, второй питающий электрод и приемный электрод N отведены в разные углы бака в «бесконечность», а измерения проводились с перемещением электрода M приемной линии по прямоугольной сети 2×2 см, по перпендикулярным пластинке профилям.

При выполнении работы соблюдено условие «точечности» электродов. С помощью специального нехитрого приспособления из картонного листа обеспечена одинаковая глубина заземления электрода M на всех точках наблюдений. На площади, ограниченной изолинией «60» и пластинкой, замеры потенциала не проведены. Путем пробных измерений

и подбора определена площадь наблюдений, где эквипотенциальные линии без объекта представляют собой систему окружностей с центром в точке А.

Анализ плана изолиний потенциала и графиков суммарного и аномального потенциала позволил выявить некоторые закономерности распределения поля точечного источника в присутствии пластинки-диэлек-

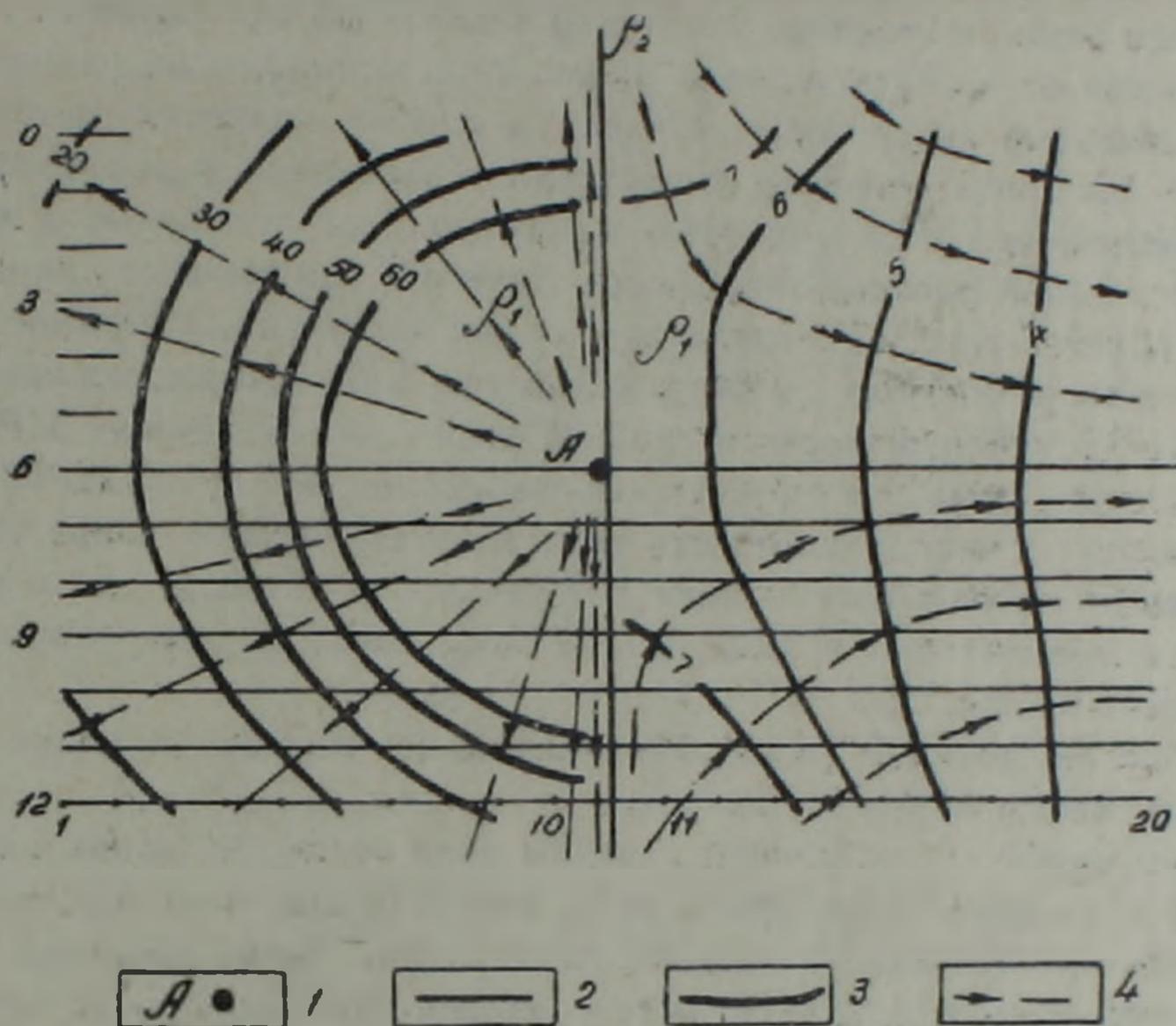


Рис. 1. Электрическое поле точечного источника в присутствии прямоугольной вертикальной пластинки-диэлектрика. Значения $U \times 10^2$ мв/са. Вертикальная нумерация—номера профилей, горизонтальная—пикетов. 1—точечный источник постоянного тока, 2—верхняя кромка пластинки с $\rho_2 \gg \rho_1$, 3—эквипотенциальные линии, 4—токовые линии.

трика. Эквипотенциальные линии в присутствии объекта характеризуются резкой асимметрией относительно ТИ по форме и значениям потенциала (рис. 1). В левой половине площади наблюдений линии близки по форме к окружности с центром в точке А, со значениями от 2000 до 6000 и более мв/са. В правой половине линии равного потенциала вблизи пластинки как бы втянуты в нее, а по мере удаления от объекта выравниваются и переходят в прямые линии, при значениях от 400 до 700 мв/са. В нашем случае картина поля гораздо сильнее искажается, чем при проводящем пласте, и характеризуется увеличением напряженности поля левее от объекта, где расположен ТИ, и ослаблением напряженности в противоположной стороне.

Известно, что форма эквипотенциальных поверхностей и напряженность поля меняются соответственно искажению токовых линий и изменению плотности тока. Расчет электрических полей в неоднородных средах проводится с учетом и граничных условий: потенциальная функция на поверхности раздела не терпит разрыва; должна соблю-

даться непрерывность нормальной составляющей вектора плотности тока J_n при переходе из одной среды в другую.

В нашем случае картина сложнее. Ток в непосредственной близости от пластинки течет вдоль ее плоскости и частью огибает пластинку снизу и по бокам, а плотность тока в левом полупространстве увеличивается. В правом полупространстве плотность тока уменьшается, в особенности ближе к середине пластинки. Одинаково удаленные от A вправо и влево от пластинки точки наблюдения попадают на разные эквипотенциальные поверхности. Отсюда и слабые значения потенциала правее пластинки, которые соответствуют значениям в левой половине при достаточном удалении точек наблюдений от источника, и выполаживание линий равного потенциала. Заметим, что токовые линии справа от объекта (рис. 1) отклонены к краям пластинки, а плотность тока здесь, судя по увеличению напряженности у краев, выше, причем в сторону ПР12 напряженность несколько выше, чем в сторону ПРО, так как источник помещен с некоторым смещением в сторону ПР12. В левом полупространстве плотность тока и соответственно напряженность поля выше напряженности поля источника без объекта, хотя эквипотенциальные линии и в этом случае сохраняют форму окружностей с центром в точке A .

В целом, токовые и эквипотенциальные линии на плане искажаются, меняя форму и значения.

Нарушение симметричной картины поля наглядно видно и по графикам суммарного потенциала (рис. 2-а). По левым ветвям наибольшие значения потенциала наблюдаются по центральному профилю 6, проходящему через источник. По мере удаления профилей от ТИ интенсивность постепенно спадает, а наименьшие потенциалы измерены по профилю 12. Общим для графиков является возрастание потенциала в сторону источника и объекта, причем значения по всем профилям выше фоновых по центральному профилю 6, в случае без объекта. Правые же ветви интересны обратной картиной: значения убывают от ПР12 к ПР6, изменяются в небольшом интервале и затем выравниваются. Они слабее фоновых значений не только по центральному профилю, но и по крайнему ПР12.

По параллельным пластинке и одинаково удаленным влево и вправо от ТИ профилям картина поля, естественно, неодинакова. Если по левому профилю значения потенциала многократно выше фоновых, а максимум вытянут, то по правому профилю значения одинаковы и слабее фоновых.

На рис. 2-б приведен график аномального потенциала по ПР12. Левая его ветвь в положительной области, правая — в отрицательной, величина аномального потенциала убывает по мере удаления электрода M от ТИ.

При исследовании распределения потенциала по профилям, перпендикулярным плоскости вертикальной пластинки, установили, что местонахождение объекта соответствует пикетам, где наблюдается равенство потенциала при симметричном расположении ТИ относительно пластинки по обе стороны от нее. Равное значение хорошо фик-

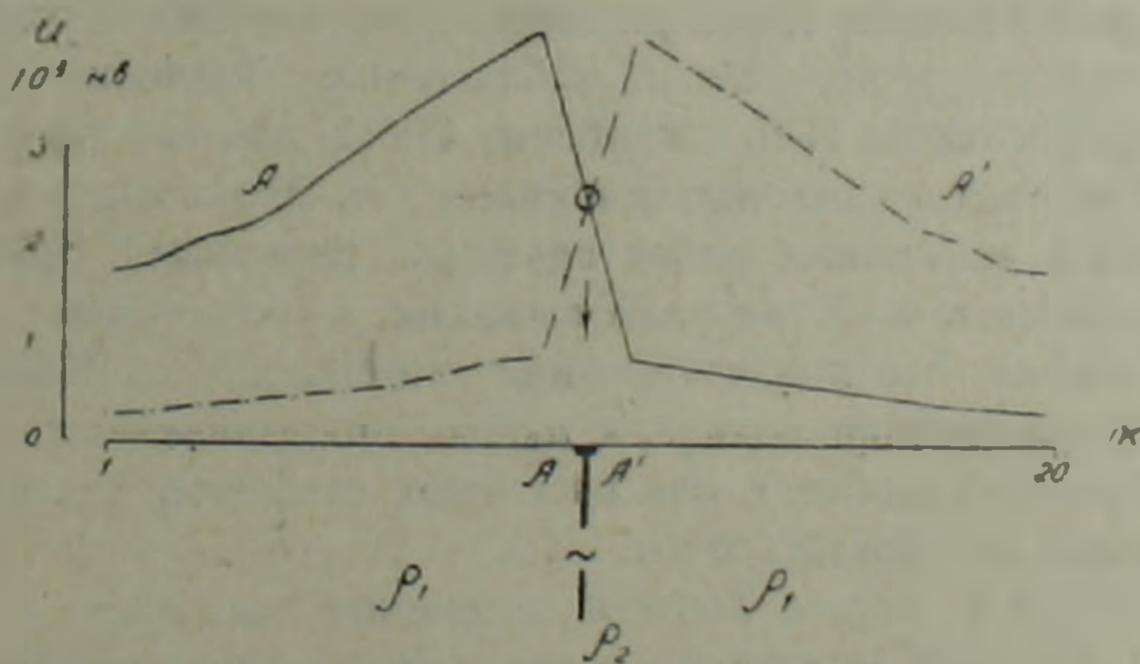
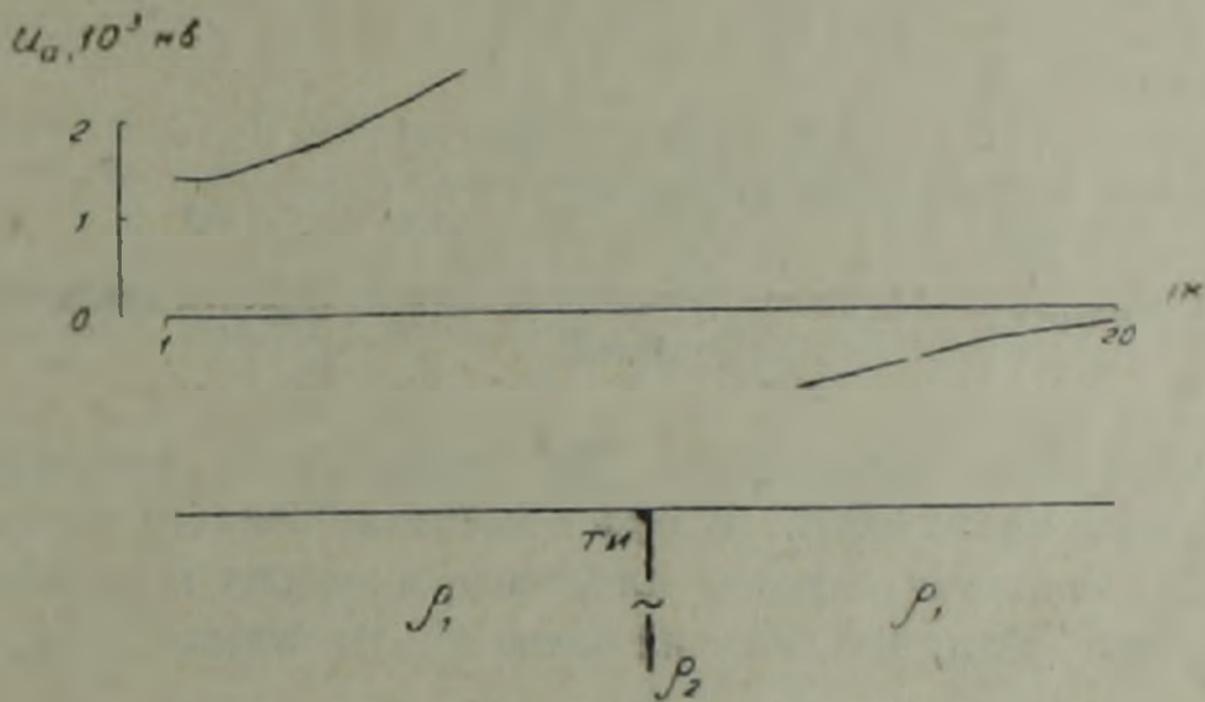
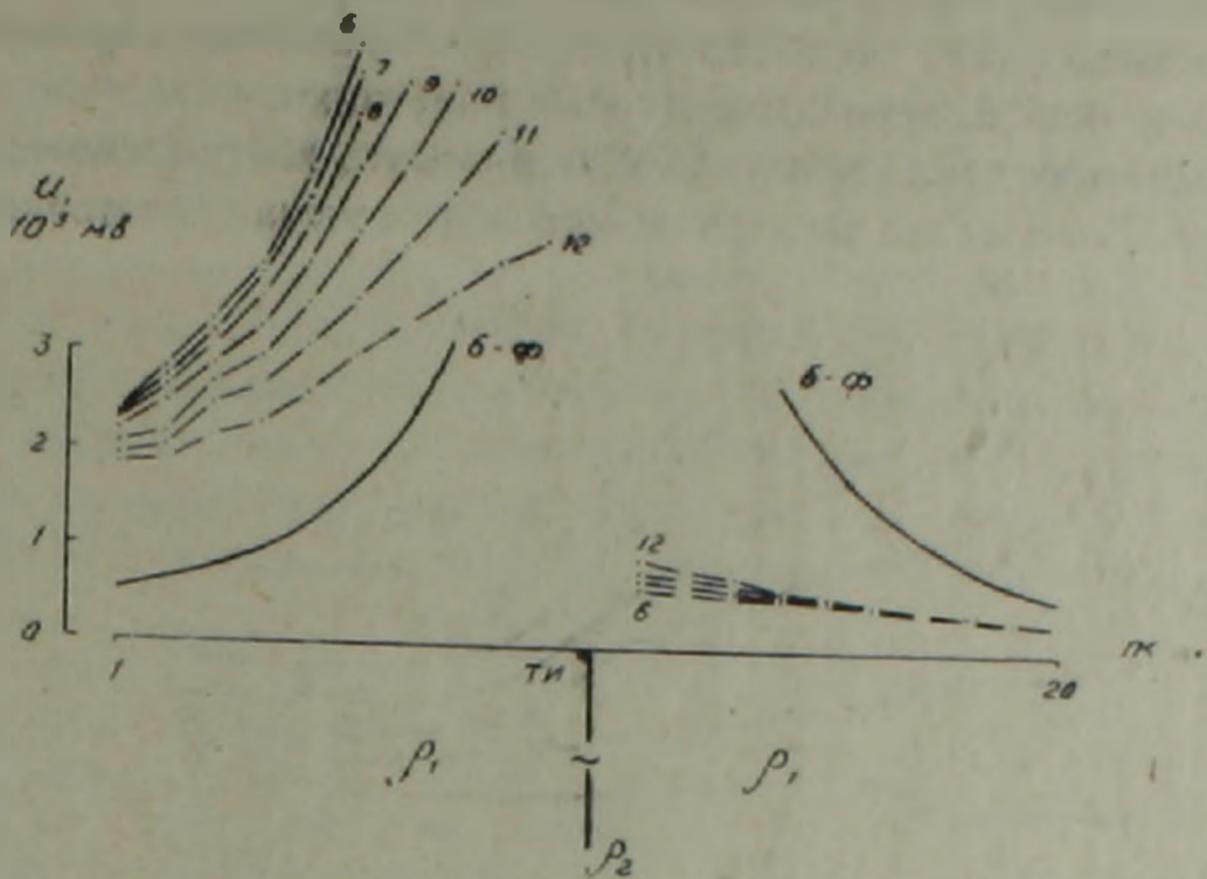


Рис. 2-а. Графики потенциала в присутствии пластинки. Индексы кривых—номера профилей, б-ф.—график в отсутствии пластинки.

Рис. 2-б. График аномального потенциала по профилю 12.

Рис. 2-в. Графики потенциала по профилю 12 от симметрично расположенных относительно пластинки источников А и А'.

сируется перекрестием графиков потенциала, аналогично т. н. рудному перекрестию графиков комбинированного электропрофилеирования. Иллюстрацией к сказанному может служить, например, пара графиков суммарного потенциала по ПР12 (рис. 2-в). Сказанное справедливо и для других профилей, перпендикулярных пластинке.

Попытаемся количественно охарактеризовать коэффициентом асимметрии поля K искажение электрического поля точечного источника пла-

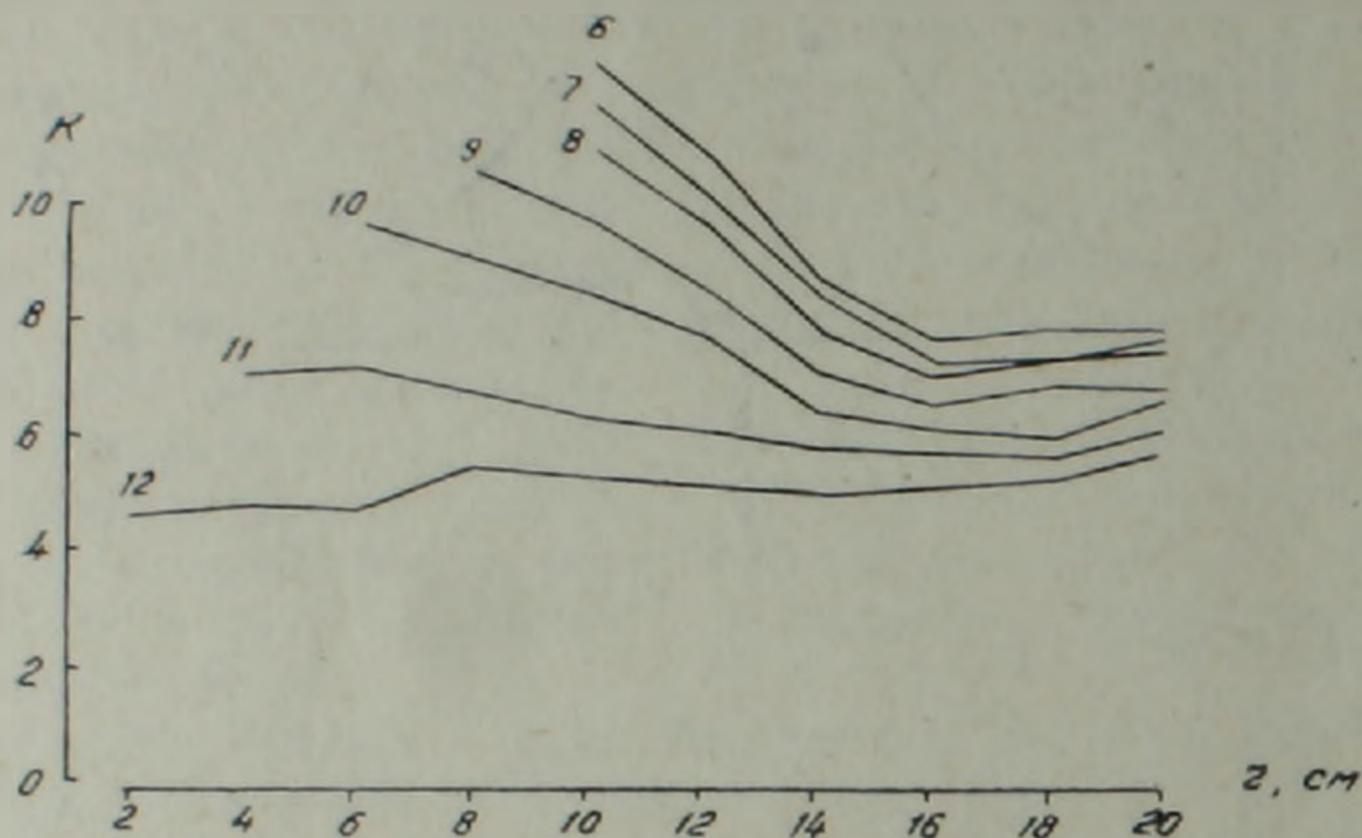


Рис. 3. Графики значений коэффициента асимметрии поля K . Индексы графиков—номера профилей.

стинкой-диэлектриком, которое, как уже говорилось, выражается в асимметрии поля. Коэффициент K есть отношение величин суммарного потенциала по перпендикулярному пластинке профилю в равноудаленных от источника точках наблюдений влево (U_1) и вправо (U_2), по обе

стороны от пластинки, то есть $K = \frac{U_1}{U_2}$. На рис. 3 представлены в гра-

фической форме значения K при различных расстояниях от источника A до равноудаленных от него точек наблюдений. Значения K уменьшаются от центрального ПР6 к крайнему ПР12, для которого величина K уже почти одинакова при всех r и спада нет. Это значит, что в условиях описанных модельных работ профиль пересекает объект при $K > 4$, хотя значения $4 > K > 1$ тоже вызваны присутствием объекта в поле ТИ. Добавим, что при измерениях потенциала ТИ без объекта коэффициент асимметрии поля для любых прямолинейных профилей равен или близок единице, а для расчетных графиков по прямолинейным профилям это прямая $U=1$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Поле точечного источника в присутствии прямоугольной вертикальной пластинки-диэлектрика характеризуется резкой асимметрией относительно ТИ и плоскости объекта.

2. Аномальный потенциал положителен в той половине полупро-

странства, ограниченной пластинкой, где расположен источник, и отрицателен в противоположной половине.

3. По перпендикулярным пластинке профилям перекрестие графиков потенциала от симметрично расположенных относительно пластинки источников совпадает с местонахождением объекта.

4. Количественной характеристикой суммарного поля может служить коэффициент асимметрии поля.

В заключение отметим, что описанные модельные исследования — лишь начальная стадия изучения распределения электрического поля в присутствии непроводящего объекта. В дальнейшем необходимо продолжить моделирование, а также разработать методику полевых работ и способы интерпретации данных применительно к поискам и корреляции непроводящих тел — жил и даек, широко развитых на рудных месторождениях.

Управление геологии Армянской ССР,
Ордена Трудового Красного Знамени
Ереванский государственный университет,
Читинский политехнический институт.

Поступила 27. III. 1981.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авдевич М. М., Фокин А. Ф. Электромоделирование потенциальных геофизических полей, Недра, Л., 1978.
2. Родионов П. Ф. Электроразведка методом заряда. Недра, М., 1971.