

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2466430

### СПОСОБ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *Миллер Андрей Аскольдович (RU)*

Заявка № 2011101064

Приоритет изобретения **12 января 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **10 ноября 2012 г.**

Срок действия патента истекает **12 января 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Симонов', is written over the printed name of the head of the Federal Service for Intellectual Property.





## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2011101064/28, 12.01.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **12.01.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **12.01.2011**(43) Дата публикации заявки: **20.07.2012**(45) Опубликовано: **10.11.2012**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2340918 C2, 10.12.2008. RU 2270457 C1, 20.02.2004. SU 1749871 A1, 23.07.1992. SU 1784714 A1, 30.12.1992. SU 1320771 A1, 30.06.1987. SU 693320 A, 25.10.1979. US 20070046289 A1, 01.03.2007.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)**

(72) Автор(ы):

**Миллер Андрей Аскольдович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)**

## (54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электроразведке. Сущность: используют относительно близко расположенные первый питающий электрод и два измерительных электрода, а также удаленный на практическую бесконечность второй питающий электрод. В качестве первого питающего электрода используют погружающийся в грунт (породу) стержень, например используемый при исследовании механических свойств грунтов штанговый пенетратор или буровой инструмент (колонну труб). По мере погружения стержня одновременно с измерением глубины его погружения измеряют ток первого питающего электрода и разность потенциалов на измерительных электродах. Измерение ведется одновременно с измерением механических свойств пород при помощи штангового пенетратора или бурового инструмента при бурении, в соответствии с глубиной погружения штангового пенетратора или бурового инструмента, без использования специального скважинного прибора. По отношению разности потенциалов на измерительных электродах и тока в первом питающем электроде определяют удельное сопротивление пород, пересекаемых стержнем. Технический результат: повышение точности измерения глубины залегания слоев породы различного удельного сопротивления. 3 ил.

Изобретение относится к электроразведке постоянным током и может быть применено при исследовании свойств грунтов для инженерной геологии или при бурении скважин с целью получения информации о кажущемся сопротивлении пород без отдельного скважинного прибора.

Известен способ электроразведки (пат. US 1884364, опубл. 25.10.1932), заключающийся в том, что с помощью удаленных друг от друга неподвижных электродов возбуждают ток в исследуемой области подповерхностного пространства и определяют разность потенциалов между двумя перемещаемыми электродами, расположенными неподалеку от одного из неподвижных электродов, и эти подвижные электроды перемещают по дуге окружности, проходящей через неподвижный электрод, ближайший к подвижным электродам, а центр этой окружности находится в точке расположения другого неподвижного электрода.

Недостатком этого метода является то, что определяется общее кажущееся сопротивление в точке расположения электрода без разделения на слои породы разной проводимости и определения их глубины. Известен способ электроразведки (пат. US 2192404, опубл. 5.03.1940), заключающийся в том, что пропускается ток через землю между парами питающих электродов, так чтобы создавать разность потенциалов на фиксированной позиции на поверхности земли; позиция по крайней мере одного из упомянутых электродов изменяется. Таким образом, путь тока последовательно изменяется и создается набор последовательных величин упомянутой разности потенциалов на фиксированных позициях; совершается серия измерений, в то время как упомянутый ток течет через набор последовательных путей, что отражается в относительной величине тока, текущего через землю, и упомянутой разности потенциалов в фиксированной позиции измерительных электродов, в то время как путь тока меняется в соответствии с изменением расстояния между питающими электродами.

Недостатком этого метода является то, что при определении глубины слоев породы разной проводимости вследствие проявления принципа эквивалентности возникает ошибка в определении глубины и величины проводимости слоев.

Известен способ электроразведки (пат. US 4875015, опубл. 17.10.89.), предполагающий размещение массива приемников и передатчиков, например, электрического поля, в частности, по оси скважины и на поверхности в окрестности скважины, и использование математической инверсии данных для получения двух- или трехмерной картины проводимости или вызванной поляризации исследуемых пород. Недостатком этого способа является то, что в нем используется большое количество как скважинных, так и наземных датчиков, что усложняет и удорожает измерения.

Известен способ электроразведки (пат. US 5914603, опубл. 22.06.99), в котором обсадные трубы скважин используются в качестве электродов для проведения электроразведки, при этом они могут использоваться как в качестве приемных, так и передающих электродов. После измерения в различных сочетаниях проводится решение обратной задачи и получают двух- или трехмерное распределение удельного сопротивления подповерхностного пространства. Недостатком этого способа является то, что для его осуществления необходимо наличие большого массива близко расположенных скважин.

Известен способ электроразведки, применяемый в настоящее время в инженерной геологии, так называемый метод электродинамического зондирования (ЭДЗ). Суть этого метода заключается в том, что одновременно с проведением прямого опробования несущих свойств пород с помощью пенетратора на штангах измеряется сопротивление между двумя электродами, которые находятся на конусе пенетратора. По величине тока от источника известного напряжения судят о удельном электрическом сопротивлении исследуемых пород и производят их литологическое расчленение. По величине усилия на продвижение пенетратора судят о механических свойствах грунтов (Резников О.М., Костыгова А.В. Определение границы между балластным слоем и земляным полотном методом электроконтактного зондирования. Сб. № 19 «Проблемы механики земляного полотна железных дорог». Серия «Вопросы геотехники». М.: «Транспорт», 1965). Однако известно, что токовый каротаж не всегда информативен, особенно в осадочных разрезах, так как при подаче напряжения между двумя электродами ток в них определяется в основном переходным сопротивлением электродов, а не удельным сопротивлением окружающих пород. Кроме того, поскольку глубинность исследований получается достаточно малой, измеренное сопротивление зависит от степени уплотнения грунта в непосредственной близости от электродов, которая динамически меняется, в том числе от скорости проходки.

Лучшее литологическое расчленение можно было бы получить, измерив удельное сопротивление пород в каком-то большем эффективном объеме многоэлектродной установкой, например, по способу каротажа с трехэлектродным зондом. При этом влияние переходного сопротивления электродов будет исключено. Однако при этом потребуются разместить электроды на изолирующих вставках, что в данном случае затруднительно по техническим причинам из-за требований к прочности штанг для пенетратора. Кроме того, на измерения будет влиять металлическая часть штанги.

Известен способ электроразведки (пат. RU 2340918, опубл. 10.12.08), выбираемый в качестве прототипа, в котором используют первый питающий электрод, отнесенный в практическую бесконечность и подключенный к одной из клемм электрического тока, и второй питающий электрод, помещенный в скважину и подключенный к другой клемме источника электрического тока, и два приемных заземления, подключенных к измерительному прибору для измерения на поверхности земли разности потенциалов между ними по системе профилей, заключающийся в том, что в нем используют несколько питающих электродов, помещенных в скважине на заданном расстоянии друг от друга, поочередно подключаемых к клемме источника электрического тока, и при каждом подключении скважинного питающего электрода измеряют разность потенциалов между приемными электродами, расположенными вдоль профиля

наблюдений, определяют значения кажущегося электрического сопротивления и по распределению кажущегося электросопротивления на площади наблюдений и разрезах судят о наличии и положении геоэлектрических неоднородностей.

Недостатком прототипа является то, что его невозможно использовать в присутствии в скважине протяженного вертикального проводника, например бурового инструмента, или штанги пенетратора динамического зондирования при проведении работ для инженерной геологии.

Технический результат изобретения заключается в том, что повышается точность измерения глубины залегания слоев породы различного удельного сопротивления.

Технический результат достигается тем, что в способе электроразведки, включающем в себя использование двух питающих электродов, первого погружаемого в землю питающего электрода и второго питающего электрода, размещаемого на поверхности земли на достаточном удалении (практической бесконечности), и двух измерительных электродов, размещаемых на поверхности земли в окрестности первого питающего электрода, с помощью которых измеряют разность потенциалов в окрестности первого питающего электрода, питающий электрод выполняют в виде стержня, который погружают в землю, а измерительные электроды при этом сохраняют неподвижными, при этом по мере погружения стержня измеряют отношение разности потенциалов на измерительных электродах и тока в цепи питающих электродов, и глубину погружения стержня, по отношению разности потенциалов на измерительных электродах и тока в первом питающем электроде определяют с учетом глубины погружения стержня удельное сопротивление пород, пересекаемых стержнем.

Изобретение поясняется чертежами: фиг.1, на которой изображена теоретическая зависимость отношения разности потенциалов на измерительных электродах и тока первого питающего электрода от глубины погружения первого питающего электрода для двух типов разрезов - однородного и двухслойного, фиг.2, на которой приведены результаты экспериментальных замеров и теоретических расчетов отношения разности потенциалов на измерительных электродах и тока первого питающего электрода в зависимости от глубины погружения первого питающего электрода в баке для двух значений удельного сопротивления среды, и фиг.3, на которой изображена общая схема способа, где обозначены погружаемый первый питающий электрод (7), измерительные электроды (8) и (9), второй питающий электрод (10).

Способ осуществляется следующим образом: в качестве первый питающего электрода (7) используют штангу пенетратора, представляющую из себя составной стержень, при этом она играет роль питающего электрода в трехэлектродной установке, аналогичной установке для проведения наземного электропрофилирования с трехэлектродной установкой. Измерительные электроды (8) и (9) располагаются на расстоянии, сопоставимом с глубиной погружения пенетратора. По мере погружения составного стержня он будет пересекать породу с различным удельным электрическим сопротивлением, что скажется на величине разности потенциалов между измерительными электродами. В итоге кривая зависимости отношения разности потенциалов на измерительных электродах от глубины погружения составного стержня будет нести информацию об удельной электрической проводимости пересеченных составным стержнем пород. При этом отсутствует влияние эквивалентности, то есть возможна однозначная интерпретация данных измерений, так как, в отличие от традиционных наземных методов электроразведки, существует дополнительная независимо измеряемая величина - глубина погружения стержня.

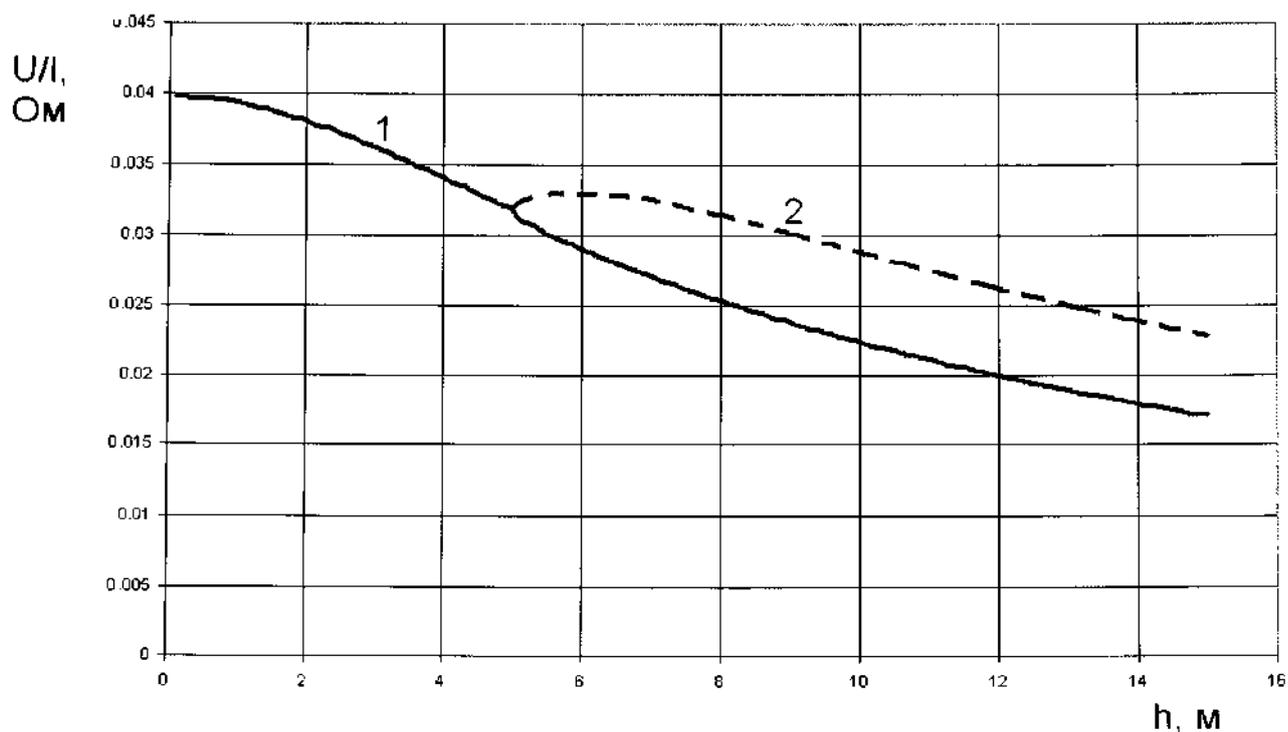
Кроме того, такой способ электроразведки можно использовать в процессе бурения скважин, при этом в качестве первого питающего электрода (7) можно использовать сам буровой инструмент. Таким образом, можно получить электрический разрез пересекаемых скважиной пород в процессе бурения без скважинного прибора.

На фиг.1 представлены кривые отношения потенциала первого питающего электрода к току в электроде, рассчитанная для условного разреза пород, состоящего из двух пластов: от глубины 0 до глубины 5 м с удельным сопротивлением 5 Ом·м, и от глубины 5 м до глубины 15 м с удельным сопротивлением 10 Ом·м (кривая 2). Также представлены расчеты для случая однородного разреза с сопротивлением 5 Ом·м (кривая 1). По оси абсцисс - глубина погружения первого питающего электрода в метрах, по оси ординат - отношение разности потенциалов на измерительных электродах к току первого питающего электрода. Расстояние от первого питающего электрода до ближайшего измерительного электрода и от одного измерительного электрода до другого 5 метров.

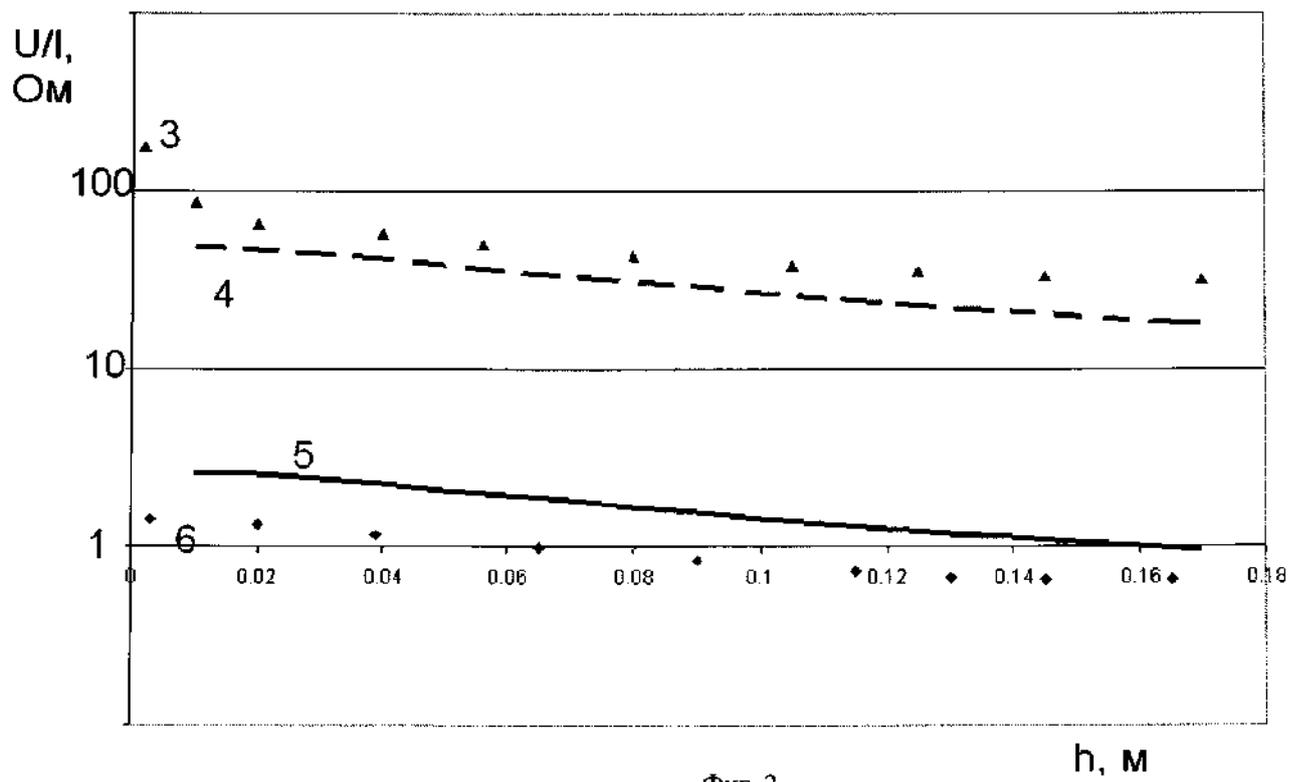
На фиг.2 показаны результаты экспериментальной проверки расчетных формул в баке с водой для двух значений удельного сопротивления воды: 60 Ом·м и 3,2 Ом·м. Расстояние от первого питающего электрода до ближайшего измерительного электрода равно 5 см, между измерительными электродами также 5 см. По оси абсцисс - глубина погружения первого питающего электрода в метрах, по оси ординат - отношение разности потенциалов на измерительных электродах к току первого питающего электрода в логарифмическом масштабе. Цифрой 3 обозначены точки, измеренные экспериментально для удельного сопротивления воды 60 Ом·м, цифрой 4 теоретическая кривая для этого случая, цифрой 5 теоретическая кривая для удельного сопротивления 3,2 Ом·м и цифрой 6 экспериментальные данные для сопротивления 3,2 Ом·м. На фиг.3 показана общая схема измерений предлагаемым методом. Цифрой 7 обозначен погружаемый (первый питающий) электрод, цифрами 8 и 9 - измерительные электроды и цифрой 10 - второй питающий электрод.

### Формула изобретения

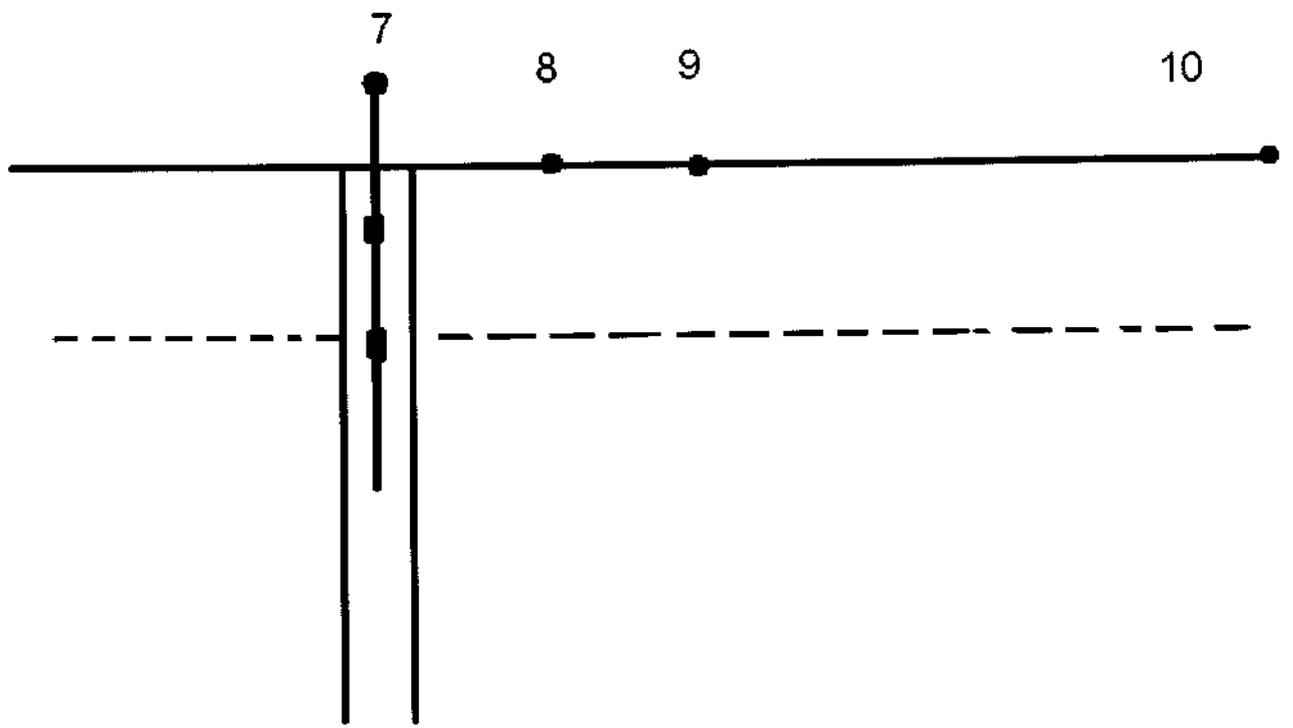
Способ электроразведки, включающий в себя использование двух питающих электродов: первого погружаемого в землю питающего электрода и второго питающего электрода, размещаемого на поверхности земли на достаточном удалении (практической бесконечности), и двух измерительных электродов, размещаемых на поверхности земли в окрестности первого питающего электрода, с помощью которых измеряют разность потенциалов в окрестности первого питающего электрода, отличающийся тем, что первый питающий электрод выполняют в виде стержня, который погружают в землю, а измерительные электроды при этом сохраняют неподвижными, при этом по мере погружения стержня измеряют отношение разности потенциалов на измерительных электродах и тока в цепи питающих электродов и глубину погружения стержня, по отношению разности потенциалов на измерительных электродах и тока в первом питающем электроде определяют с учетом глубины погружения стержня удельное сопротивление пород, пересекаемых стержнем.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3