

УДК 622.114

## К вопросу определения удельного электрического сопротивления дисперсных грунтов в лабораторных условиях

М.И. Гилева, А.В. Татаркин, А.А. Филимончиков

ООО Научно-исследовательское, проектное, производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра». 614064, Пермь, ул. Л. Шатрова, 13а. E-mail: nedra@nedra.perm.ru  
(Статья поступила в редакцию 7 октября 2013 г.)

Рассматриваются пути развития методики определения удельного электрического сопротивления (УЭС) дисперсных грунтов, позволяющей оперативно выполнять измерения на образцах произвольных размеров без нарушения их герметичности. С помощью численного и физического моделирования исследована зависимость величины измеряемого УЭС от геометрических параметров образца. Выполнено опробование методики для дисперсных грунтов Приволжского и Северо-Западного федеральных округов.

Ключевые слова: *электроразведка, удельное электрическое сопротивление, дисперсные грунты, лабораторные измерения, геометрические размеры образца, моделирование, физико-геологическое истолкование.*

При выполнении геофизических исследований для повышения их эффективности нередко возникает необходимость привлечения априорной информации. Она, например, может быть получена в виде физических свойств геологического разреза как при полевых исследованиях, так и в результате лабораторных измерений [7].

Одной из широко определяемых в лабораторных условиях характеристик горных пород является удельное электрическое сопротивление (УЭС). Электрическое сопротивление используется в электроразведке и позволяет получить информацию о литологии, влажности, минерализации, льдистости и т. п. [2, 3, 4].

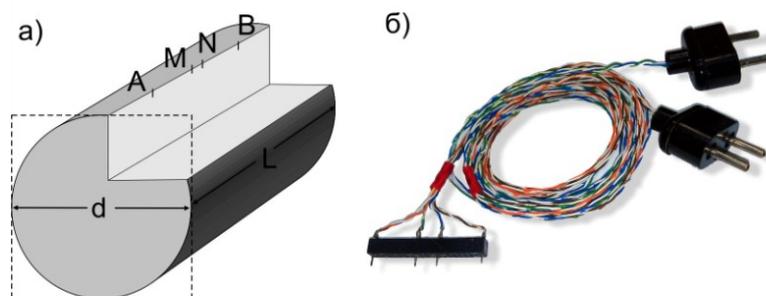
На практике существуют разнообразные методики лабораторного определения УЭС горных пород с использованием двух-, четырехэлектродных установок и

измерительных ячеек или кернодержателей [1, 6]. Однако для проведения измерений требуется подготовка образца и его отстранение от определения других физических параметров. Данные обстоятельства влекут за собой потерю времени и увеличение трудозатрат.

В статье рассматривается методика, позволяющая более оперативно, без нарушения герметичности образца произвольных размеров, определять УЭС дисперсных грунтов.

Для измерений применяется серийная электроразведочная аппаратура, используемая при выполнении исследований на постоянном токе, и четырехэлектродная микроустановка АМNB с разносом питающей линии 0,05 м (рис. 1, б). Такая длина установки была выбрана исходя из наиболее встречаемых размеров рядовых проб и простоты конструкции. Питающие





**Рис. 1.** Схема измерений (а) и вид четырехэлектродной микроустановки AMNB (б)

и приемные электроды смонтированы на многопиновом разьеме типа BLD в виде съемных штырей, которые легко проходят через парафин или защитную пленку образца.

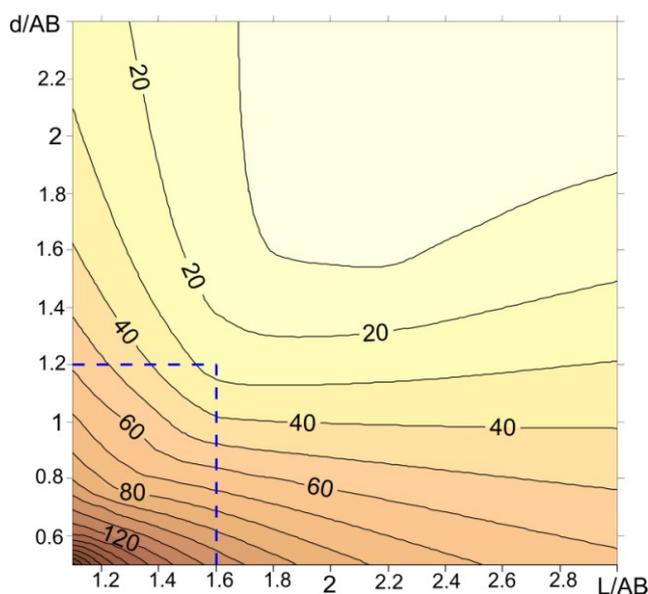
С помощью физического и численного трехмерного моделирования электрических полей «ZONDRES3D» [8] было проведено исследование влияния геометрических размеров образца на величину УЭС, получаемого при измерении в лабораторных условиях. Наблюдения на образцах выполнялись с последовательным изменением его геометрических размеров при естественной влажности.

На основании полученных данных определено, что при использовании установки

длиной 5 см и образцов, имеющих размеры менее 8 см в длину, 6 см в высоту и ширину, необходимо введение соответствующих поправок к измеренным значениям.

По описанной выше методике были проведены лабораторные измерения на образцах, полученных ООО НИПППД «Недра» при выполнении изысканий и для определения балльности при инженерно-геологическом районировании [5, 7].

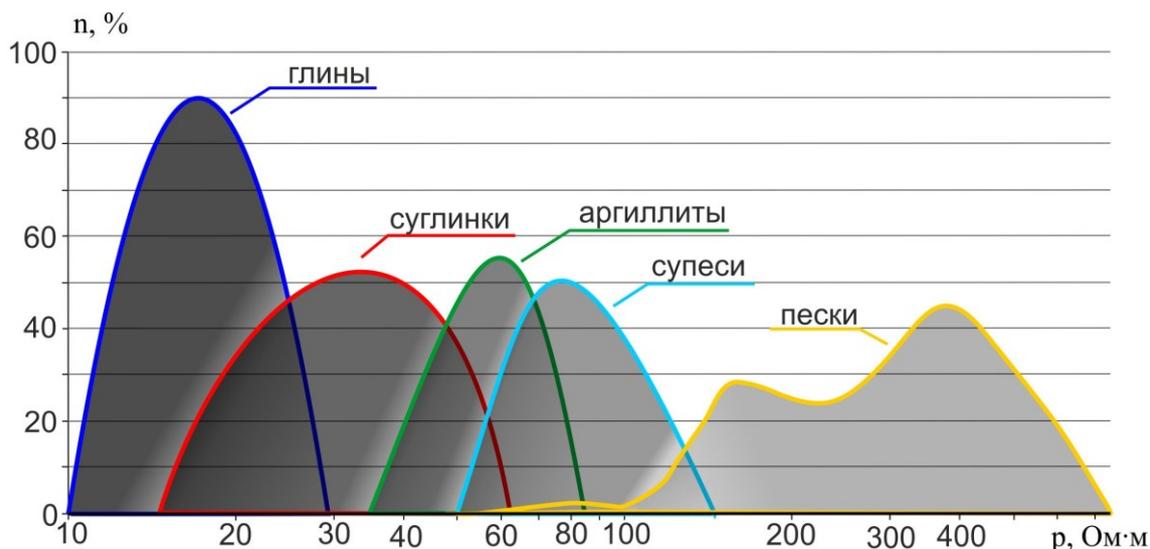
Для примера на рис. 3 изображено распределение изменений удельного сопротивления для каждой группы дисперсных грунтов, залегающих в Приволжском и Северо-Западном федеральных округах.



**Рис. 2.** Распределение отклонения УЭС, измеренного на образце, в зависимости от его геометрических размеров, %

Мы видим, что из всего массива данных 90 % глин имеют сопротивление до  $20^\circ\text{Ом}\cdot\text{м}$ . Для суглинков наибольшее число сопротивлений находится в пределах  $20\text{--}50^\circ\text{Ом}\cdot\text{м}$ . Для аргиллитов наибольшее количество встреченных значений сопротивления находится в пределах  $50\text{--}70^\circ\text{Ом}\cdot\text{м}$ , для супесей –  $80^\circ\text{Ом}\cdot\text{м}$ , для песков – более  $200^\circ\text{Ом}\cdot\text{м}$ .

Определение зависимости удельного электрического сопротивления от литологического состава и общезфизических свойств в лабораторных условиях необходимо для уточнения физико-геологической модели (ФГМ), которая имеет большое значение на этапе физико-геологического истолкования геофизических данных.



**Рис. 3.** Распределения удельных электрических сопротивлений дисперсных грунтов для Приволжского и Северо-Западного федеральных округов

## Выводы

Предложен путь развития методики определения УЭС горных пород в лабораторных условиях на образцах произвольных размеров, позволяющий существенно сократить трудозатраты и потерю времени на измерения.

С помощью моделирования выполнены исследования зависимости величины измеряемого УЭС от геометрических параметров образца. По результатам расчетов построена зависимость отклонения УЭС от истинных значений. При параметрах

образца меньше определенного значения требуется введение поправки в величину измеренного УЭС.

С учетом вышеизложенного выполнено апробирование методики при изучении распределения удельных электрических сопротивлений дисперсных грунтов по Приволжскому и Северо-Западному федеральным округам. Полученные данные успешно применяются для построения и уточнения ФГМ на этапе физико-геологического истолкования геофизических данных.

## Библиографический список

1. *ГОСТ 9.602-2005*. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Стандартинформ, 2007. 59 с.
2. *Дортман Н.Б.* Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): справочник геофизика / под ред. Н.Б. Дортман, 2-е изд. М.: Недра, 1984. 455 с.
3. *Зыков Ю.Д.* Геофизические методы исследования криолитозоны: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2007.

4. Костицын В.И. Упругие и электрические свойства многолетнемерзлых пород в условиях Крайнего Севера // Результаты бурения и исследования Тюменской сверхглубокой скважины / КамНИИКИГС ГНПП «Недра». Пермь, 1995. С. 126–127.
5. Костицын В.И., Колосов А.И. О возможности объемного картирования пермских отложений геофизическими методами (на примере Тимано-Печорской нефтегазодной провинции) // Пермская система Земного шара. Международный геол. конгресс / УрО РАН. Пермь; Екатеринбург, 1991. 250 с.
6. Официальный сайт компании НПФ Тенакон. URL: [http://tenakon.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=24&Itemid=46](http://tenakon.com/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=46).
7. Петров Ю.П., Костицын В.И. Совершенствование технологии геофизических исследований // Приборы и системы разведочной геофизики. 2010. № 1 (31). С. 40–42.
8. Программа трехмерной интерпретации данных электротомографии ZondRes3d. URL: <http://zond-geo.ru/software/resistivity-imaging-ves/zondres3d/>.
9. Середин В.В., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Бахарева Н.С. Методика инженерно-геологического районирования на основе балльной оценки классификационного признака // Инженерная геология. 2011. № 3. С. 20–25.

## On the Question about the Method of Determining the Resistivity of Unconsolidated Soils in Laboratory Conditions

M.I. Gileva, A.V. Tatarkin, A.A. Philimonchikov

Scientific Research Design and Production Enterprise for Environmental Protection Ltd. «Nedra». 614064, Perm, L. Shatrova st., 13a. E-mail: [nedra@nedra.perm.ru](mailto:nedra@nedra.perm.ru)

The authors present the description of methods developed for determining resistivity of unconsolidated soils, which allow making the measurements quickly, in a non-destructive manner, and independent on the samples size. With use of numerical and physical modeling, authors investigated the dependence of the measured resistivity on the geometric parameters of soil sample. The method has proved to be successful for study of unconsolidated soils from the Privolzhsky Federal District and North-West Federal District areas.

Key words: *electrical prospecting, resistivity, dispersed soils, measurements in a lab conditions, geometric parameters of the sample, modeling, physical and geological interpretation.*

### References

1. GOST 9.602-2005. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Sooruzheniya podzemnyie. Obshchiye trebovaniya k zashchite [Unital system of corrosion and aging protection. Underground structures. Common protection regulations]. Standartinform, Moskva, 2007.
2. Dortman N.B. Fizicheskiye svoystva gornykh porod i poleznykh iskopayemykh (petrofizika) [Physical properties of rock and minerals (pethrophysics)]. Handbook of Geophysicist, Dortman N.B. (Ed.), Second edition, Nedra, Moskva, 1984.
3. Zykov Yu.D. Geofizicheskiye metody issledovaniya kriolitozony [Geophysical methods of permafrost investigation]. MGU, Moskva, 2007.

4. Kostitsyn V.I. Uprugiye I elektricheskiye svoystva mnogoletnemioryzlykh porod v usloviyakh Kraynego Severa [Elastic and electrical properties of permafrost rocks in the Far North conditions]. Rezultaty bureniya i issledovaniya Tyumenskoy sverkhglubokoy skvazhiny. KamNIIKIGS GNPP Nedra, Perm, 1995, pp 126–127.
5. Kostitsyn V.I., Kolosov A.I. O vozmozhnosti obyomnogo kartirovaniya permskikh otlozheniy geofizicheskimi metodami (na primere Timano-Pecherskoy neftegazonosnoy provintsii) [About feasibility of volumetric mapping of perm deposits with geophysical methods (an example from Timan-Pechyora gas and oil province)]. Permskaya sistema Zemnogo shara. Mezhdunarodnyy geol. kongress. Perm-Ekaterinburg. UB RAS, 1991, pp 250.
6. Ofitsialnyy sayt kompanii Tenakon [Official site of Tenakon company]. [http://tenakon.com/](http://tenakon.com/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=46)
7. Petrov Yu.P., Kostitsyn V.I. Sovershenstvovaniye tekhnologii geofizicheskikh issledovaniy [Rationalization of technology of geophysical prospecting]. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, № 1 (31), 2010, pp 40–42.
8. Programma tryokhmernoy interpretatsii dannykh elektrotomografii ZondRes3d. <http://zond-geo.ru/software/resistivity-imaging-ves/zondres3d/>.
9. Seredin V.V., Pushkaryova M.B., Leybovich L.O., Bakhareva N.S. Metodika inzhenerno-geologicheskogo rayonirovaniya na osnove balnoy otsenki klassifikatsionnogo priznaka [Methodology of geoengineering zoning based on the ranking of classification parameter]. Inzhenernaya geologiya, № 3, 2011, pp 20–25.

*Рецензент – кандидат технических наук А.М. Пригара*

