

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ЭЛЕКТРООСМОСЕ

Нестеров Д.С., Королёв В.А.

dsnesterovmsu@gmail.com, va-korolev@bk.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
Россия

Глинистые грунты представляют собой один из распространённых типов оснований различных сооружений. Водонасыщенные глинистые грунты создают сложности при возведении строительных объектов, в основном из-за трудности их осушения, связанной с низкой проницаемостью глин. Поэтому наиболее эффективно осушение таких грунтов производится не дренажом, а с помощью электроосмоса. При этом в осушаемой зоне межэлектродного пространства протекают различные физико-химические процессы, существенно изменяющие строение и свойства глин [2], но пока слабо изученные. Изучению этих изменений и посвящено настоящее исследование.

В качестве объектов исследования были выбраны представители наиболее типичных глинистых грунтов средней полосы России: покровный суглинок ргQ_{III} (81% кварца, 12% гидрослюда, 7% полевых шпатов) и глуховецкий каолин eN₁ (75% каолинита, 18% кварца, 5% гидрослюда, 2% гипса). Согласно ГОСТ 25100-2011 покровный суглинок представляет собой тяжёлый пылеватый суглинок, а глуховецкий каолин – лёгкую пылеватую глину [1].

Электроосмотическое испытание проводилось на образцах нарушенного сложения, приготовленных на 0,01 н растворе CaCl₂, при влажности верхнего предела пластичности W_L в однокамерной ячейке открытого типа при постоянной силе тока 10 мА. После опыта осушенный образец делили на 5 частей по длине; из каждой части брались пробы на влажность, плотность, водную вытяжку и приготовление суспензии, определялась рН. Водная вытяжка готовилась при соотношении твёрдой фазы и жидкости, равном 1:10 [3]. Суспензии были приготовлены при соответствующих величинах рН при ионной силе порового раствора 0,03 н и соотношении твёрдая фаза жидкость 1:40. Значения рН контролировались с помощью рН-метра типа рН-061, ζ-потенциал частиц в суспензии измеряли на лазерном анализаторе Horiba SZ-100, солесодержание определяли прибором HM Digital COM-80.

При электроосмосе происходит фильтрация воды из анодной зоны в катодную. Этот процесс сопровождается реакциями электролиза воды на аноде с образованием ионов H⁺ и на катоде с выходом в раствор ионов OH⁻.

В образце суглинка по длине образца от анода к катоду влажность перераспределяется и уменьшается до 15% при начальной 25%; плотность увеличивается до 2,17 г/см³ при начальной 1,89 г/см³. При этом от анода к катоду величина рН увеличивается от 1,7 до 11,5 при начальной рН 6,7.

Для образца каолина характерно увеличение плотности до 1,84 г/см³ при начальной 1,61 г/см³, а также уменьшение влажности до 31,5% при начальной 50%. Также от анода к катоду величина рН порового раствора увеличивается от 1,2 до 11,8 при начальном значении рН 6,6.

В ходе происходящих процессов изменяются физико-химические характеристики глинистых частиц, связанные с величиной их заряда и влияющие на плотность, проницаемость и другие свойства глинистого грунта. Так, изменение значений рН порового раствора и влажности грунта приводит к изменению значений и знака ζ-потенциала частиц по длине образца глины. Распределение ζ-потенциала частиц покровного суглинка по длине образца показано на рис. 1.

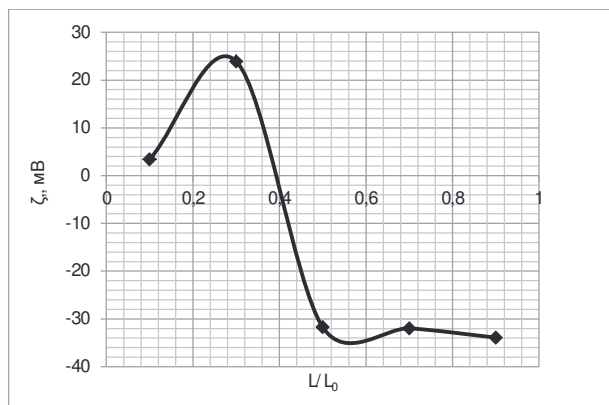


Рис. 1. Зависимость величины ζ -потенциала частиц покровного суглинка от относительного расстояния от анода (L/L_0) по длине образца при ионной силе порового раствора $I=0,03$ моль/л

В начальной нейтральной и щелочной среде частицы суглинка имеют отрицательные значения ζ -потенциала. В ходе электроосмоса в катодной зоне образуется щелочная среда, при этом величина ζ -потенциала частиц меняется незначительно. В анодной зоне формируется кислая среда, что приводит к смене знака ζ -потенциала частиц на положительный. Непосредственно у анода положительное значение ζ -потенциала несколько уменьшается, что связано со сжатием ДЭС глинистых частиц из-за осушения этой зоны и образования сильнокислой среды. Таким образом, в итоге электроосмоса по длине образца формируются разнонаправленные градиенты напряженности, ζ -потенциала, pH, влажности и концентрации солей в поровом пространстве, определяющие итоговый массообмен в межэлектродном пространстве грунта.

В точке $L/L_0 \approx 0,4$ происходит смена знака ζ -потенциала с отрицательного на положительный. Величина pH, при которой происходит смена знака ζ -потенциала глинистых частиц, называется точкой нулевого заряда ($pH_{p.z.c.}$) [4]. Смена знака ζ -потенциала частиц покровного суглинка происходит при $pH_{p.z.c.} \approx 4,8$. В этой точке происходит резкое изменение макроскопических свойств глинистого грунта, например, плотности и водопроницаемости.

Литература

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М., 2011.
2. Королёв В.А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. М.: ООО «Сам полиграфист», 2015, 468 с.
3. Лабораторные работы по грунтоведению: Учебное пособие / Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королёва – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КДУ, Университетская книга, 2017. – 654 с.
4. Chorover J., Sposito G. Surface charge characteristics of kaolinitic tropical soils/ *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995, Vol. 59, №5, pp. 875-884.