

УДК 538.956 + 53.082.722

DOI: 10.17223/00213411/64/1/58

А.В. РЕПИН, О.В. РОДИОНОВА, Е.С. КРОШКА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ГЛИНАХ
ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ***

Приведены экспериментальные данные измерения комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) глин при полном увлажнении дистиллированной водой в диапазоне частот от 1 кГц до 8.5 ГГц при температурах от -15 до $+25$ °С. Проведено моделирование зависимостей многорелаксационной моделью, учитывающей релаксацию свободной и связанной воды, а также релаксацию на границах связанная вода – минерал и связанная вода – воздух. Показано, что при температурах ниже -5 °С в спектре КДП появляется релаксационный процесс, обусловленный поляризацией на границе связанная вода – лед либо лед – минерал. Найдена связь параметров этого релаксационного процесса с петрофизическими характеристиками породы.

Ключевые слова: комплексная диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая релаксация, межслойная поляризация, каолиновая глина, бентонитовая глина, связанная вода.

Введение

В настоящее время для исследования свойств пород и грунтов применяется весь спектр электромагнитных волн. Из анализа спектров комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) в диапазоне частот от долей герц до десятков гигагерц можно получать информацию о содержании воды, пористости, размерах пор и других физических параметрах. На частотах выше 1–2 ГГц КДП увлажненных пород определяется ориентационной поляризацией молекул связанной и свободной воды и зависит, главным образом, от содержания воды и от содержания глины [1]. На частотах ниже 1 кГц основную роль играет поляризация двойного электрического слоя на границе вода – минерал [2, 3]. Благодаря высокой удельной поверхности глин, поляризация двойного слоя на границе вода – твердая фаза проявляется в спектрах на частотах ниже 1 ГГц, приводя к сильному возрастанию действительной и мнимой частей КДП при уменьшении частоты.

В промежуточном диапазоне от 1 кГц до 1 ГГц, по мнению авторов [4, 5], основное влияние оказывает поляризация Максвелла – Вагнера, обусловленная поляризацией межфазных границ. Однако в работе [2] показано, что поляризация Максвелла – Вагнера не объясняет все процессы, происходящие на этих частотах.

В работе [6] отмечено, что на частотах ниже 100 МГц диэлектрическая проницаемость существенно зависит от температуры и электрической проводимости вещества. Температурные зависимости КДП глинистых пород показывают возрастание действительной части КДП на низких частотах, где преобладает поляризация двойного слоя на границе вода – минерал, и ее уменьшение на высоких частотах, где преобладает ориентационная поляризация молекул воды [7].

Авторы [8] показали, что существенную роль оказывает и удельная площадь поверхности минерала. Ими же в [9] подчеркнуто, что при частичном насыщении возникает еще один релаксационный процесс, предположительно обусловленный поляризацией на границе вода – воздух.

Выполненное исследование позволит связать воедино релаксационные процессы, обусловленные как ориентационной поляризацией молекул связанной и свободной воды, так и поляризацией межфазных границ, и приблизиться к пониманию частотных зависимостей комплексной диэлектрической проницаемости глинистых пород в этом частотном диапазоне.

Методика проведения эксперимента

Были проведены диэлектрические измерения каолиновой глины и бентонитовой глины в двух формах (Na-форма и Ca-форма), а также смеси из глины с крупным речным песком в соотношениях: 2:1, 1:1 и 1:2 по массе. Удельные площади поверхности глин были измерены методом адсорбции паров азота. Образцы насыщались дистиллированной водой до полного насыщения с использованием вакуумной установки. Физические свойства глин и песка приведены в табл. 1. В рабо-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-35-00284 мол. а.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>