

ГЛИБИНА ЗОНДУВАННЯ – ОСНОВНА ТАКТИКО-ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОКАТОРІВ

Потанов Р. Р.

(Науковий керівник – к.т.н., доц. Мрачковський О. Д.)

В даний час виникла гостра необхідність в пошуку предметів, що знаходяться в шарі ґрунту. Ці задачі пов'язані з: по-перше – з пошуком мін, по-друге – археологічні задачі; по-третє – задачі комунальних служб та інші.

Зондування об'єктів в ґрунті має свої особливості, цілі і завдання. Тому георадіолокація давно виділилася в окрему, що швидко розвивається, область радіотехніки і радіофізики. Георадіолокація включає в себе такі області знання і технології, як дослідження поширення радіохвиль в ґрунтах, розробка надширококустових імпульсних антен, конструювання електронних блоків георадарів, обробка сигналів і зображень. Прогрес в області комп'ютерних технологій привів останнім часом до бурхливого розвитку георадіолокації. Нові швидкодіючі комп'ютери використовуються для обробки результатів зондування все більш досконалими методами, а також і для наочної візуалізації отриманих зображень.

Основною тактико-технічною характеристикою георадарів є глибина зондування, яка згідно [1] визначається формулою:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{4\pi R^2} \cdot \frac{S_{\text{еф}}}{4R^2} \cdot \exp \left[-4 \cdot \text{Im}(\sqrt{\varepsilon}) R \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \right] \quad (1)$$

де P_r – потужність випромінювального сигналу; G_t, G_r – коефіцієнти підсилення передавальної і приймальної антен; R – відстань зондування; $S_{\text{еф}}$ – ефективна площа розсіювання об'єкта; ε – діелектрична проникність середовища розповсюдження. Яка в свою чергу впливає на глибину зондування

В таблиці 1 приведені значення діелектричної проникності і провідності ґрунтів, деяких гірських порід, бетону і асфальту[2].

Таблиця 1

Діелектрична проникність і провідність різних середовищ на частоті 100МГц

Геологічне середовище	Середовище			
	Суха		Вологе/водонасичене	
	ε'	σ , См/м	ε'	σ , См/м
Ґрунт піщаний	4 – 6	$10^{-4} - 10^{-2}$	15 – 30	0,01 – 0,1
Суглинок	4 – 6	$10^{-4} - 10^{-3}$	10 – 20	0,01 – 0,1
Глинистий ґрунт	4 – 6	$10^{-4} - 0,1$	10 – 15	0,1 – 1
Глина	2 – 6	0,001 – 0,1	15 – 40	0,1 – 1
Граніт	5	$10^{-8} - 10^{-6}$	6	0,00 – 0,01
Вапняк	7	$10^{-9} - 10^{-6}$	8	0,01 – 0,1
Бетон	4 – 10	0,001 – 0,01	10 – 20	0,01 – 0,1
Асфальт	2 – 4	0,001 – 0,01	6 – 12	0,01 – 0,1

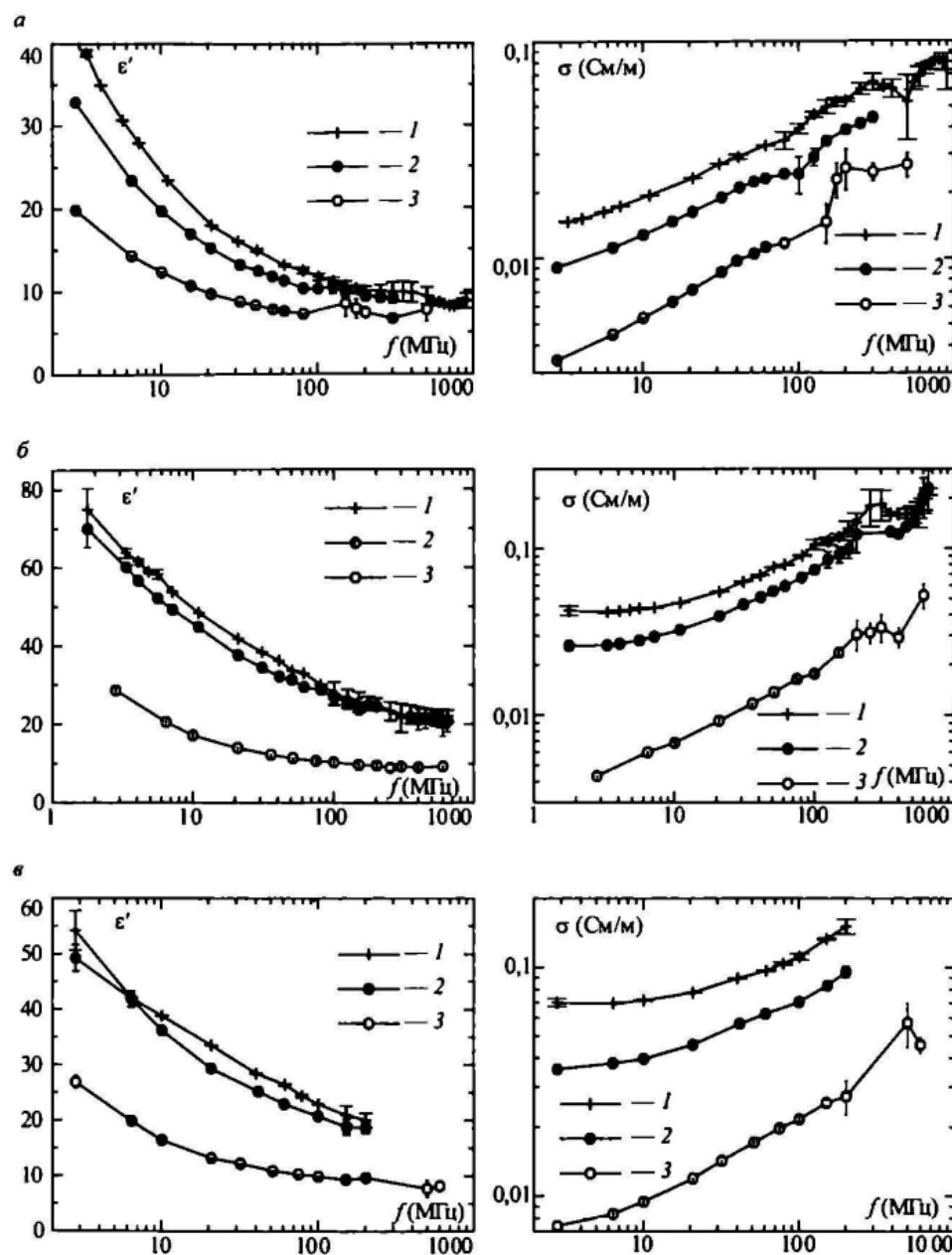


Рис. 1. Діелектрична проникність і провідність глинистих ґрунтів: а – ґрунт №1, температура: 1 – +24°C; 2 – +5°C; 3 – -15°C; б – ґрунт №2, температура: 1 – +24°C; 2 – +8°C; 3 – -17°C; в – ґрунт №3, температура: 1 – +19°C; 2 – +2°C; 3 – -18°C;

Таблиця 2

Вологість, пористість і щільність в сухому стані для досліджуваних зразків

№	Характеристика досліджуваних зразків	Вагова вологість, %	Об'ємна вологість, %	Пористість, %	ρ , г/см ³
1	Юрська глина	8,9	13,3	43	1,505
2	В'язка глина з поверхні	26	39,1	40	1,504
3	Глина з льодовитих відкладень	13,8	27,2	27,2	1,98

На рис.1 показані результати експериментальних досліджень комплексної діелектричної проникності вологих глинистих ґрунтів в широкий смузі частот[3]. Приведені значення дійсної частини діелектричної проникності ϵ' і провідності σ ґрунтів в залежності від частоти при декількох значеннях температури, включаючи температуру нижче 0°C. Номери зразків і характеристика ґрунту вказані в табл. 2.

Із всіх речовин, які містяться в ґрунті, вода має найбільшу діелектричну проникність(81–83 в діапазоні низьких частот). Тому вміст води в середовищі визначає її дійсну частину діелектричної проникності. Комплексна діелектрична проникність води в районі частоти дипольної релаксації молекул води визначається формулою Дебая[4]:

$$\epsilon_B = \epsilon_B^\infty + \frac{(\epsilon_B^0 - \epsilon_B^\infty)}{(1 - i \frac{f}{f_p})} \quad (2)$$

де ϵ_B^∞ , ϵ_B^0 – діелектрична проникність води в межах високих і низьких частот; f – частота; f_p – частота релаксації.

Частота релаксації збільшується з ростом температури, а статична діелектрична проникність ϵ_B^0 , зменшується, як помітно із рис.2.

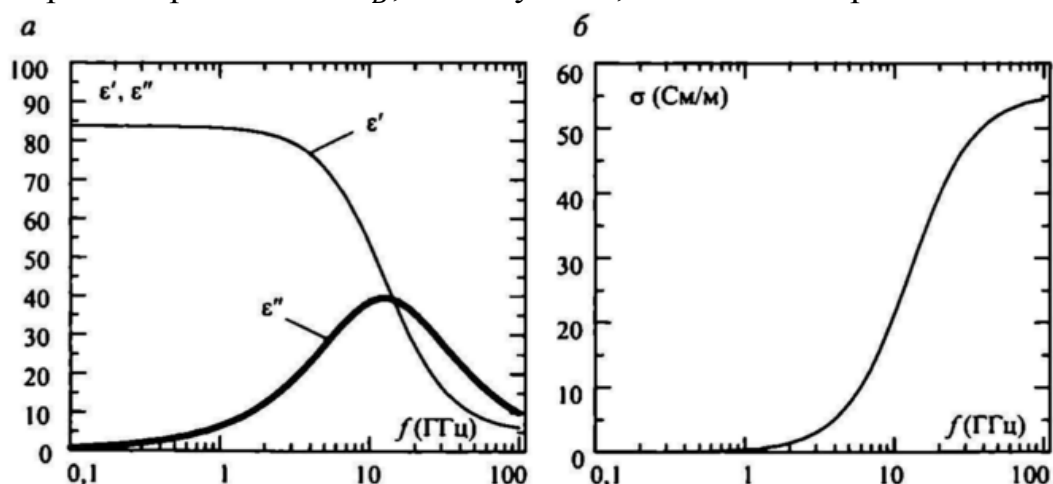


Рис.2. Дійсна, уявна частина діелектричної проникності(а) і провідність(б) води при температурі 10°C.

Для води з розчиненими солями до виразу (1) додається член, що обумовлений іонною провідністю:

$$\epsilon_{\text{розч}} = \epsilon_B + i \frac{\sigma}{\epsilon_0 \omega} \quad (3)$$

Перелік посилань

1. Справочник по радиолокации / Ред. М. Сколник; пер. с англ. под ред. К.Н. Трофимова. — Т. 1. — М.: Сов. радио, 1976. — 456
2. Daniels D.J. Surface-Penetrating Radar. — London, UK: IEE, 1996. — 300 p.
3. Druchinin S.V., Izyumov S.V. Measured and calculated dielectric permittivity of moist clayey soils // 6-th Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. — Proceedings, Bochum, Germany, 3—7 Sept. 2000. - P. P-GR09.
4. Финкельштейн М.И., Кутев В. А., Золотарёв В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. — М.: Недра, 1986. — 128.