XXV Международный Симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы"

30 июня - 5 июля 2019 года, Новосибирск



Труды

Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXV Международного симпозиума.

Электронный ресурс

Томск: Издательство ИОА СО РАН.

ISBN 978-5-94458-176-1

© ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2019

Содержание

1. Пленарные доклады
2. Конференция A. Молекулярная спектроскопия и атмосферные радиационные процессы
3. Конференция B. Распространение излучения в атмосфере и океане
4. Конференция C. Исследование атмосферы и океана оптическими методами
5. Конференция D. Физика тропосферы
6. Конференция E. Физика средней и верхней атмосферы

2002 (9)
2001 (8)
2000 (7)
1999 (6)

МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАЗЕРЫ НА ПЕРЕХОДАХ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

РАБОЧАЯ ГРУППА "АЭРОЗОЛИ СИБИРИ"

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЯ"

XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ

КОНФЕРЕНЦИЯ С

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

СВЯЗЬ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБРАЗЦОВ ВОДЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сусляев В.И., Журавлев В.А., Коровин Е.Ю., Третьяков А.С., Сусляев В.В., Павлова А.А., Угоденко Д.

1.Национальный, исследовательский Томский государственный университет, Томск, Росси
susl@tsu.ru, ptica@mail.tsu.ru, korovin_ey@mail.tsu.ru, sturwal@mail.ru, Sandy.surname@gmail.com,

Ключевые слова: электропроводность, микроволны, диэлектрическая проницаемость, вода

Аннотация. В работе на основе математического моделирования и экспериментальных исследований определены концентрационно-температурные зависимости мнимой составляющей диэлектрической проницаемости воды с проводящими примесями. Показано, что величины мнимой диэлектрической проницаемости образцов воды из термокарстовых озер, рассчитанных по формулам Стогрина и измеренных, различаются. Для дешифрования результатов дистанционного зондирования Земли необходимо иметь экспериментально полученные данные о величинах диэлектрической проницаемости водных объектов тестового участка на рабочей частоте аэрокосмического аппарата в интервале температур.

Одним из важных индикаторов изменения локального или глобального изменения климата является состояние вечной мерзлоты, которое, в свою очередь, определят объем термокарстовых озер, который растет с повышением температуры и, наоборот, уменьшается при похолодании [1]. Относительно недавно доказано [2], что вода термокарстовых озер обладает электропроводностью, отличающейся от атмосферных осадков. В северной части Западной Сибири расположены большие области, занимаемые вечномерзлотными образованиями, контроль состояния которых может дать важную информацию о тенденциях климатических изменений. Этот регион занят Васюганским болотом, что создает большие проблемы при сборе сведений пешим порядком и даже на болотоходах и вездеходах. Кроме того, эти способы позволяют получить информацию только с участков малой площади, что снижает достоверность результатов о глобальности изменений. Расширение обследуемых участков можно достичь использованием методов ДЗЗ. В настоящее время широко используется оптический диапазон – фотографии. Однако предпочтительнее использовать радиофизические методы – СВЧ диапазон, которые могут различить озера по проводимости.

Для дешифрования сигналов радиофизических приборов требуется знать, как изменяются электромагнитные характеристики (комплексная диэлектрическая проницаемость) в зависимости от температуры водных объектов с разной удельной электропроводностью. Известно также, что для полярных жидкостей влияние удельной проводимости падает с ростом частоты, где начинают более активно проявляться механизмы переполяризации. Чтобы оценить

возможность применения радиофизических методов для различия термокарстовых озер от водных объектов, образованных атмосферными осадками, проведено математическое моделирование на основании теории Дебая для полярных жидкостей и соотношений, полученных Стогрином для расчета проводимости при изменении солености в интервале температур.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты моделирования зависимости спектров мнимой составляющей диэлектрической проницаемости для величины удельной электропроводностей: 0,002, 0,02 См/см и дистиллированной воды в диапазоне частот, которые используются для ДЗЗ.

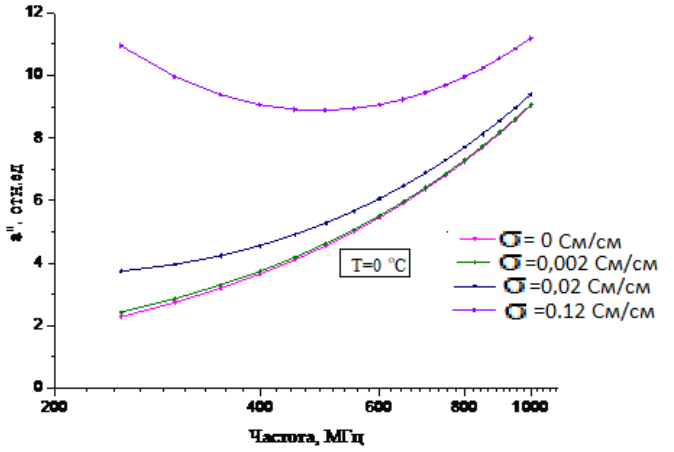


Рисунок 1 – спектры мнимой составляющей диэлектрической проницаемости воды с низкой электропроводности при температуре 0 ˚С

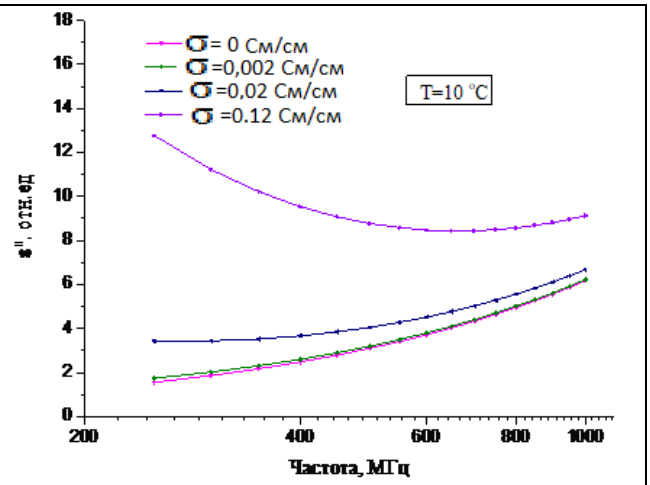


Рисунок 2 – спектры мнимой составляющей диэлектрической проницаемости воды с низкой электропроводности при температуре 10 ˚С

Результаты моделирования показывают, что наибольшие изменения мнимой составляющей диэлектрической проницаемости наблюдаются в низкочастотной части электромагнитного излучения. Радиофизические методы предпочтительнее использовать в этой области, поскольку легче достичь высокой чувствительности приборов.

Соотношения Дебая и концентрационно - температурная зависимость удельной проводимости позволяют вводить поправочные коэффициенты для расчета электрофизических характеристик водных объектов, если известны их соленость. Однако «соленость», по определению, есть количество оставшегося вещества в граммах после выпаривания 1-го литра водного объекта, то есть концентрация проводящего вещества. В работе [3] показано, что удельная проводимость зависит не только от концентрации, но и от вида проводящих примесей (рисунок 3), причем в разы. Поскольку состав озерной воды может содержать различные

элементы, то необходимо провести экспериментальное исследование с целью проверки достоверности соотношений Стогрина.

Экспериментальные исследования проведены в ЦКП «Центр радиоизмерений ТГУ», который обладает поверенной аппаратурой, наличием необходимых методик и подготовленного квалифицированного персонала. Измерения произведены в двух участках электромагнитного излучения: в низкочастотной области, где обычно применяют стандартные кондуктометры, и в СВЧ диапазоне на частотах, применяемых для дитсанционного зондирования Земли.

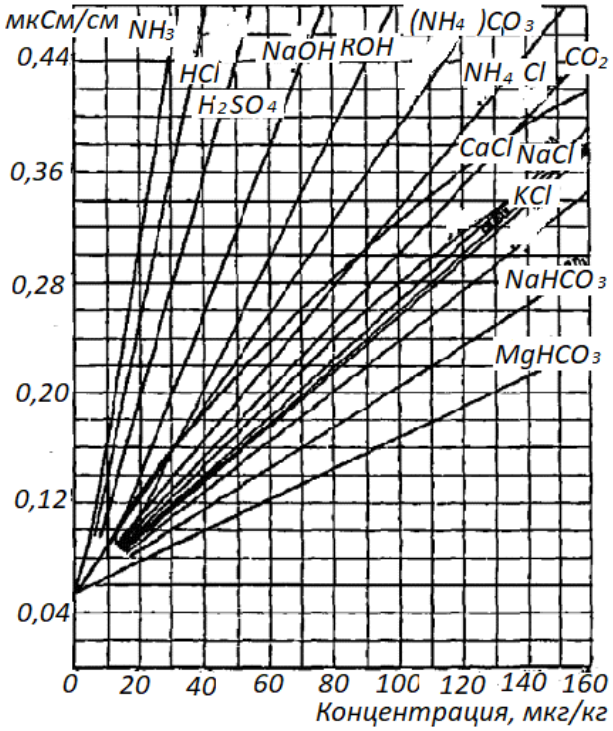


Рисунок 3 – концентрационная зависимость удельной проводимости различных веществ [3]

Для экспериментального исследования использованы образцы, отобранные из термокарстовых озер Васюганского болота вблизи станции «Ханымей», которая входит в состав уникальной научной установки «Мегаустановка», созданной Томским государственным университетом в меридиональном направлении Западной и Южной Сибири.

Термокарстовые озера выбраны по характерной круглой форме и измеренной электропроводности, измеренной при заборе образцов. Образцы отбирались также в контейнеры в соответствии с принятыми стандартами и доставлялись в Томск, где проводились измерения в СВЧ диапазоне.

Проведено сравнение мнимых составляющих относительной диэлектрической проницаемости образцов, рассчитанной по формулам Дебая и Стогрина, с экспериментально полученными результатами. В качестве примера в таблице 1 приведены результаты сравнения

расчета и эксперимента для образца из термокарстового озера с удельной электропроводности σ = 0,02 См/см при комнатной температуре.

Таблица 1 Рассчитанные и измеренные значения мнимой диэлектрической проницаемости образца воды из термокарстового озера σ = 0,02 См/см в температурном диапазоне

Частота, МГц	T=0˚C		T=10˚C		T=20˚C	
	ε´´/ε$_0$, отн.ед, расч	ε´´/ε$_0$, отн.ед, изм	ε´´/ε$_0$, отн.ед, расч	ε´´/ε$_0$, отн.ед, изм	ε´´/ε$_0$, отн.ед, расч	ε´´/ε$_0$, отн.ед, изм
250	3,74	2,79	3,43	2,25	3,45	1,99
300	3,95	3,17	3,43	2,45	3,28	2,06
350	4,23	3,58	3,52	2,68	3,22	2,18
400	4,55	3,99	3,66	2,93	3,22	2,32
450	4,91	4,42	3,84	3,19	3,28	2,49
500	5,28	4,85	4,05	3,47	3,37	2,66
550	5,67	5,29	4,27	3,75	3,48	2,84
600	6,06	5,72	4,51	4,03	3,61	3,03
650	6,47	6,16	4,76	4,32	3,75	3,22
700	6,88	6,60	5,02	4,62	3,91	3,42
750	7,29	7,05	5,29	4,91	4,07	3,62
800	7,71	7,49	5,55	5,21	4,24	3,82
850	8,12	7,93	5,83	5,50	4,41	4,03
900	8,54	8,37	6,10	5,80	4,59	4,23
950	8,97	8,81	6,38	6,10	4,77	4,44
1000	9,39	9,25	6,67	6,40	4,96	4,65

Видно, что измеренные величины ε´´/ε$_0$ на низких частотах значительно отличаются. Вероятно, это связано с тем, что химический состав термокарстовых озер отличается от того, что предполагается в название «соленость».

1. Karen E. Frey1 and James W. McClelland Impacts of permafrost degradation on arctic riverBiogeochemistry // Hydrol. Process. 23, 169–182 (2009) DOI: 10.1002/hyp.7196.

2 R. M. Manasypov, O. S. Pokrovsky, S. N. Kirpotin, and L. S. Shirokova Tlierinokarst lake waters across tlie permafrost zones of western Siberia // The Cryosphere, 8, 1177–1193, 2014 www.the-cryosphere.net/8/1177/2014/ doi:10.5194/tc-8-1177-2014.

3. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 254 с.