

16-281

Форм 16, 26 2181, 23

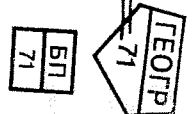
ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНЫХ, ЛЕДОВЫХ И СНЕЖНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ДАННЫМ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИИ

д.ф.-м.н., проф. Ф.А.Мирзязян,
к.ф.-м.н. С.М. Шаповалов,
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН

REMOTE MONITORING OF ATMOSPHERIC, ICE AND SNOW CHARACTERISTICS FROM MICROWAVE RADIMETRY DATA

F. A. Mirzayuan, S. M. Shapovalov

Руч.
Рез. англ.



Ключевые слова: ледовые покровы, дистанционный мониторинг, микроволновая радиометрия.

Key words: ice cover, remote monitoring, microwave radiometry.

В работе кратко излагаются физические основы атмосферных, ледовых и снежных характеристик по данным СВЧ-радиометрии. Приводятся обзор работ, где на основе модельных расчетов и экспериментальных измерений описываются излучательные способности ледяного и снежного покровов в СВЧ-диапазоне, рассматриваются вопросы разработки моделей для морских льдов с сильными и умеренным поглощением и пористых структур, особенно радиационных показателей молодых льдов, льдов с малой соленостью и наковьях льдов. При этом отмечается возможность дистанционного различения возрастных градаций льдов.

Приводятся конкретные примеры классификации явлений на водной поверхности и ледовых покровов. Входящие в систему программные модули были применены для обработки данных радиофизических экспериментов с ИСЗ «Космос-1500» для районов Арктики. Анализировались статистические характеристики «пятнистости» радиояркостных измерений, полученные для наиболее информативных порогов. Утверждается, что эти характеристики можно использовать при обнаружении аномальных явлений на водной поверхности и ледовых покровов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-01-00213а.

The paper briefly describes the physical foundations of atmospheric, ice and snow characteristics according to microwave radio-frequency data. A review of the work is presented where, based on model calculations and experimental measurements, the emissivity of the ice and snow cover in the microwave range is described, the questions of the development of models for sea ice with strong and moderate absorption and porous structures, the features of the radiation indices of young ice, ice with low salinity and pack ice. At the same time there is a possibility of remote discrimination of age gradations of ice.

Specific examples of the classification of phenomena on the water surface and ice cover are given. The program modules included in the system were used to process data from radiophysical experiments with the Artificial Earth Sputnik «Kosmos-1500»

for the Arctic regions. The statistical characteristics of the "spotting" of the radio brightness temperatures, obtained for the most informative thresholds, are analyzed. It is asserted that these characteristics can be used in the detection of abnormal phenomena on the water surface and ice cover.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 16-01-00213a.

Введение

Современный этап развития экспериментальных радиофизических методов исследования окружающей среды характеризуется переходом от пассивного сбора информации об изучаемом объекте к постановке целенаправленных экспериментов. Первоочередное значение при осуществлении таких экспериментов приобретает организация массового сбора информации об изучаемой системе, оперативность ее обработки и достоверная интерпретация данных наблюдений.

В зависимости от природы регистрируемого электромагнитного излучения применяются как активные, так и пассивные методы зондирования. Активные методы основаны на анализе отраженных от исследуемых объектов сигналов и используют зависимости между характеристиками обратного рассеяния и физическими параметрами объектов. Пассивные методы основаны на приеме собственного излучения исследуемых объектов. Измеряемые характеристики поля излучения тесно связаны с физическими и геометрическими свойствами природных объектов.

В настоящее время в основном речь идет о дистанционных радиофизических методах. Основная специфика радиофизических методов связана с радиопрозрачностью атмосферы. В этом состоит одно из основных преимуществ СВЧ-радиометрического метода по сравнению с оптическими и инфракрасными методами [1,2,3,4,8,10,13,17].

Возможности инфракрасных и оптических методов сильно ограничиваются поглощением и рассеивающими свойствами атмосферы. Основные помехи для этих методов являются облака, которые часто препятствуют получению оперативных данных о состоянии земных покровов и акватории.

Надо отметить, что в какой-то мере радиопрозрачность атмосферы является относительной. На волне 1,35 см имеется линия поглощения водяного пара, а в диапазоне волн 0,5 см - кислорода. Но наличие в СВЧ-диапазоне этих областей резонансного поглощения позволяет проводить дистанционное восстановление метеорологических параметров атмосферы: вертикальные профили температуры и влажности, интегральных метеопараметров - полной массы водяного пара и водопаруса облаков, выделять вероятные зоны выпадения осадков. Возможность получения информации не только о характеристиках водной и земной поверхности, но и его поверхностного слоя, зависит от глубины проникновения электромагнитной волны. В инфракрасном диапазоне все излучение формируется в очень тонком поверхностном слое. Электромагнитные волны СВЧ - диапазона сильно поглощаются земной и водной поверхностью. Глубина проникновения варьируется от сотых долей до единичной миллиметра в случае исследования водной поверхности. В то же время в сухих грунтах и в материковых льдах, сухом снеге значения глубины проникновения достигаются нескольких десятков длинны волны.

Наиболее информативными являются пороги, значения которых попадают в интервалы от 180 до 200. Для этих порогов отмечаются наибольшее сближение обнижение средних размеров положительных и отрицательных «пятен». Для порога $x = 180$ разность средних значений размеров «пятен» составляет $\Delta W = 2.1$. Минимальное значение коэффициента корреляции зафиксировано также для наибольшей информативных порогов. Так, для порога $x = 180$, $r = 0,054$. В этом случае с большей вероятностью можно утверждать, что распределение положительных и отрицательных «пятен» независимы. Поэтому можно ограничиться исследованием одномерных гистограмм (I^+ , I^-) — характеристик. Анализ теоретического и эмпирического совместного распределения положительных и отрицательных «пятен» также показывает их независимость для наиболее информативных порогов.

В таблице 4 представлены статистические характеристики «пятнистости» радиоярких температур морской поверхности для района моря Бофорта по данным ИСЗ «Космос-1500». Наиболее информативные пороги находятся в диапазоне от 205 до 215. Для этих же порогов наблюдается и наименьшая разность средних размеров положительных и отрицательных «пятен». Для $x = 210$ разность $\Delta W = 1.5$. Коэффициент корреляции достигает минимального значения $r = -0,04$ для порога $x = 210$, что свидетельствует о независимости распределения положительных и отрицательных «пятен».

Таблица 4.

Статистические характеристики «пятнистости» радиоярких температур морской поверхности (район моря Бофорта) по данным ИСЗ «Космос-1500» (8,9 февраля 1984 года) канал $\lambda_1 = 0,8$ см.

Порог	N	W	D	MIN	MAX	A	Э	ρ
200	I ⁺	9	38	165	110	1.8	0.6	0.38
	I ⁻	9	7.8	37	34	1.7	0.58	
205	I ⁺	12	29	76	87	0.9	1.8	0.24
	I ⁻	12	15	45.8	32	1.85	3.4	
210	I ⁺	16	24	210.2	86	2.4	5.6	0.04
	I ⁻	16	22.6	58.3	42	2.9	5.9	
215	I ⁺	10	15.4	11.4	16	1.8	2.2	0.29
	I ⁻	10	29.2	102.3	27	2.5	4.1	

Анализируя статистические характеристики пятнистости радиометрических данных, полученных для наиболее информативных порогов, можно утверждать, что статистические характеристики «пятнистости» радиометрических данных можно использовать при обнаружении аномальных явлений на водной поверхности, включая ледовые поля.

Литература

1. Арминд Н.А., Крапиви В.Ф., Мкртчян Ф.А. Методы обработки данных радиофизического исследования окружающей среды. М.: Наука, 1987, 270 с.
2. Арминд Н.А., Егоров С.Т., Курская А.А., Кутуза Б.Г. Некоторые результаты исследования арктического льда со спутника «Космос-1151». В сб. Исследования океана дистанционными методами. Севастополь: МГИ АН УССР, 1981, с. 137-144.
3. Афанасьев Ю.А., Нелено Б.А., Селиванов А.С. и др. Программа экспериментов «Космос-1500». // Исследование Земли из космоса, 1985, №3, с. 3-8.
4. Башарин А.Е., Гурвич А.С., Егоров С.Т. Радионезлучение Земли как планета. М.: Наука, 1974, 212 с.
5. Башарин А.Е., Курская А.А. Различение возрастных категорий морских льдов при радиолокационных и радиотепловых наблюдениях в СВЧ-диапазоне. // Радиотехника, 1979, т. 34, №4, с. 31-35.
6. Белич Р.Б. Расчет излучательной способности ледяного и снежного покрова в СВЧ-диапазоне. // Труды ГосНИИЦИР. Л.: 1984, Вып. 18, с.91-102.
7. Богородский В.В., Трипольников В.П. Электроматричные характеристики морского льда в диапазоне 30-40 МГц. // ДАН СССР, 1973, т. 213, №3, с. 577-579.
8. Гурвич А.С., Егоров С.Т., Кутуза Б.Г. Радиофизические методы зондирования атмосферы и поверхности океана из космоса. // Исследование Земли из космоса, 1981, №1, с. 63-70.
9. Калимко А.И., Пичурин А.П., Дымба В.Н. Определение поля привядного ветра радиолокационной системой бокового обзора ИСЗ «Космос-1500». // Исследование Земли из космоса, 1985, №4, с. 65-67.
10. Климов В.В., Крапиви В.Ф., Мкртчян Ф.А., Ницнор А.Е. Методы классификации и качественной интерпретации данных дистанционного мониторинга окружающей среды. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2000, №11, с. 10-17.
11. Кутуза Б.Г., Смирнов М.Т. Влияние облачности на усредненное радиотепловое излучение системы «атмосфера-поверхность океана». // Исследование Земли из космоса, 1980, №3, с. 76-83.
12. Малкевич М.С., Косолапов В.С. О возможности дистанционного определения вертикального профиля влажности облаков. // Исследование Земли из космоса, 1981, №6, с. 63-72.
13. Мкртчян Ф.А. Оптимальное различение сигналов и проблемы мониторинга. М.: Наука, 1982, 186 с.
14. Мкртчян Ф.А., Петренко Е.З., Российский А.В. Применение кластерного анализа к обработке данных радиотеплового зондирования системы «океан-атмосфера». Всезонный семинар. Эволюционное моделирование и обработка данных радиофизического эксперимента. Тезисы докл. М.: ИРЭ АН СССР, 1984, с. 54-55.
15. Мкртчян Ф.А. Анализ эффективности мониторинговых систем дистанционного зондирования // Экологические системы и приборы, №4, 2017, с. 17-23
16. Мкртчян Ф.А., Шолоапов С.М. Адаптивная технология классификации и качественной интерпретации данных дистанционного мониторинга водной поверхности. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2005, №3, с. 3-15.
17. Нелено Б.А., Коромтаев Г.К., Суетин В.С., Терехин Ю.В. Исследование океана из космоса. Киев: Наукова думка, 1985, 168 с.