КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ ИКИ РАН 2026 г., Взрослый.

Авторы:
Ермаков Дмитрий Михайлович, ИКИ РАН
Кузьмин Алексей Владимирович, ИКИ РАН.
Тихонов Василий Владимирович, ИКИ РАН.
Втюрин Сергей Александрович, ИКИ РАН.
Алексеева Татьяна Алексеевна, ААНИИ, ИКИ РАН.
Афанасьева Екатерина Васильевна, ААНИИ, ИКИ РАН.

Название:
«Подспутниковый микроволновый радиометрический эксперимент экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024».

Ссылки на публикации:

1. **Алексеева Т.А.**, Сероветников С.С., Макаров Е.И., Бородкин В.А., **Ермаков Д.М.**, **Тихонов В.В.**, **Кузьмин А.В., Афанасьева Е.В.**, Котельников В.Д., Юскаев Д.Ю., Козловский Е.В. Влияние интенсивного судоходства на изменение строения и динамики ледяного покрова в юго-западной части Карского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2024. Т. 70. № 3. С. 323-337. https://doi.org/10.30758/05552648-2024-70-3-323-337.
2. **Ермаков Д.М.**, **Кузьмин А.В.**, **Тихонов В.В.**, **Алексеева Т.А.**, Сероветников С.С., **Афанасьева Е.В.**, Котельников В.Д. Данные микроволновых радиометрических измерений комплексных подспутниковых наблюдений морского льда с атомного ледокола «Ямал» в мае 2024 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 5. С. 275-287. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-5-275-287.
3. **Тихонов В.В.**, **Ермаков Д.М., Кузьмин А.В., Алексеева Т.А.**, Сероветников С.С., **Афанасьева Е.В.**, Котельников В.Д. Первые результаты обработки данных подспутникового микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции «ЛЕД-СМП-1/2024» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 6. С. 231-240. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-6-231-240.
4. **Тихонов В.В.**, **Ермаков Д.М., Кузьмин А.В., Алексеева Т.А.**, Сероветников С.С., **Афанасьева Е.В.**, Котельников В.Д., **Втюрин С.А.** Излучательная способность ниласа и серого льда. По результатам подспутникового микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2026. Т. 23. № 4. С. 346-356. DOI: 10.21046/2070-7401-2026-23-4-346-356.
5. **Тихонов В.В.**, Сероветников С.С., **Алексеева Т.А., Ермаков Д.М., Кузьмин А.В.**, **Афанасьева Е.В.**, Котельников В.Д., **Втюрин С.А.** Излучательная способность техногенного льда, по результатам подспутникового микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2026. Т. 23. № 5. С. Принята в печать (справка прилагается)

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность.

В мае 2024 г. в рамках экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024 одновременно с проведением специальных судовых ледовых наблюдений состоялся подспутниковый эксперимент по натурным измерениям собственного микроволнового излучения морского ледяного покрова, организованный совместно Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом (ААНИИ) и Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН). Подобный эксперимент был выполнен впервые в научных исследованиях в современной России. Наблюдения выполнялись в акватории Карского моря в двух основных режимах, соответствующих геометрии измерений отечественного спутникового радиометра МТВЗА-ГЯ (Модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы, ГЯ — в память о Геннадии Яковлевиче Гуськове (1918–2002)) и зарубежных спутниковых микроволновых радиометров SSMIS (*англ*. Special Sensor Microwave Imager/Sounder), AMSR-2 (*англ*. Advanced Microwave Scanning Radiometer) на частотах 19,0; 22,2; 36 ГГц. Дополнительно проводились регулярные сеансы наблюдений атмосферы под различными зенитными углами с радиометрической калибровкой по внешним эталонным нагрузкам. В совокупности в сеансах наблюдений с 16 по 24 мая было накоплено 112 ч записей микроволновых радиометрических измерений, сопровождённых координатно-временной привязкой, фиксацией углов визирования, а также регистрацией метеоусловий и параметров ледовой обстановки.

Эти результаты будут полезны при анализе и корректировке продуктов сплочённости морского льда, полученных по современным алгоритмам в режиме зондирования SSMIS/AMSR-2. Также они станут основой для создания первого отечественного алгоритма определения сплочённости морского льда по данным российского спутникового микроволнового радиометра МТВЗА.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.

В рамках проводимого микроволнового радиометрического эксперимента необходимо было получить характеристики излучательной способности морского льда первого года в различных стадиях своего развития. В настоящее время, при интерпретации данных спутниковой микроволновой радиометрии используются усреднённые значения излучательной способности однолетнего льда, полученные в двух классических зарубежных экспериментах (NORSEX Group…, 1983; Onstott et al., 1987). Эти данные включают в себя различные формы льда первого года (начальные виды льдов, нилас, блинчатый лёд, серый лёд и т. д.) (NORSEX Group…, 1983). В дальнейшем именно эти результаты используются в исследованиях и при разработке микроволновых алгоритмов определения сплочённости и площади морского льда.

Из-за подобного усреднения значения излучательной способности однолетнего льда, представленные в работах (NORSEX Group…, 1983; Onstott et al., 1987), для всех микроволновых радиометрических каналов значительно отличаются от значений излучательной способности однолетнего льда, полученных по результатам микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции Лед-СМП-1/2024. В представленных на конкурс работах показаны результаты определения излучательной способности ниласа, серого льда, а также техногенного льда, полученных в режиме SSMIS/AMSR-2 и МТВЗА в ходе микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции Лед-СМП-1/2024.

Выполненный анализ изменения значений излучательной способности различных форм однолетнего льда показал ее большую вариативность, которую необходимо учитывать при анализе данных спутниковых микроволновых радиометров.

Используемый подход, его новизна и оригинальность:

В рамках экспедиции с борта атомного ледокола «Ямал» по пути следования судна в Карском море проводились специальные наблюдения за основными характеристиками ледяного покрова (сплочённость, возраст, торосистость и т. д.). Кроме этого, выполнялись измерения толщины льда и высоты снега с помощью судового телевизионного комплекса. Также велась запись метеорологических параметров: температуры воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, наличия и типа осадков. Одной из основных задач экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024 было осуществление подспутниковых измерений собственного микроволнового излучения подстилающей поверхности (ледяной покров и открытая вода) и атмосферы. Измерения выполнялись с борта ледокола с помощью микроволнового радиометрического комплекса на частотах 19, 22,2 ГГц (только вертикальная поляризация) и 36 ГГц (одновременно на вертикальной и горизонтальной поляризации). Радиометрические измерения сопровождались видеозаписью поверхности в районе пятна наблюдений с частотой один кадр в две секунды и записью навигационной информации для точной координатной привязки. В эксперименте были реализованы два основных режима наблюдения: под углом 53° к нормали, что соответствует геометрии наблюдения спутниковых радиометров SSMIS и AMSR-2, и под углом 65° к нормали, что соответствует геометрии наблюдения российского спутникового радиометра МТВЗА-ГЯ. При измерении собственного микроволнового излучения атмосферы выставлялись зеркальные к измерению поверхности углы, составляющие 53 и 65° к направлению в зенит, соответственно. В процессе проведения подспутникового эксперимента было получено в общей сложности около 112 ч микроволновых измерений.

Полученные результаты и их значимость:

В ходе обработки экспериментальных данных микроволнового радиометрического эксперимента экспедиции ЛЕД-СМП-1/2024, были получены следующие результаты:

1. Излучательная способность однолетнего морского льда в режимах зондирования SSMIS/AMSR-2 и МТВЗА-ГЯ. Излучательная способность морского льда в режиме SSMIS/AMSR-2 полностью совпала с результатами, полученными ранее в классических экспериментах (NORSEX Group…, 1983; Onstott et al., 1987). Впервые получены значения излучательной способности морского льда в режиме зондирования под углом 65°, что соответствует работе российского спутникового радиометра МТВЗА-ГЯ.
2. Впервые получены значения излучательной способности ниласа, серого льда и техногенного льда, получены впервые в двух режимах SSMIS/AMSR-2 и МТВЗА-ГЯ.

Данные результаты позволят выполнить уточнение работы современных алгоритмов по определению площади и сплоченности морского льда по данным спутниковой микроволновой радиометрии. Кроме того, эти результаты станут основой для создания методики определения характеристик морского льда Арктики по данным российского спутникового микроволнового радиометра МТВЗА-ГЯ.

1. *NORSEX Group*. Norwegian remote sensing experiment in a marginal ice zone // Science. 1983. V. 220. No. 4599. P. 781–787. https://doi.org/10.1126/science.220.4599.781.
2. *Onstott R. G., Grenfell T. C., Matzler C., Luther C. A., Svendsen E. A.* Evolution of microwave sea ice signatures during early summer and midsummer in the marginal ice zone // J. Geophysical Research: Oceans. 1987. V. 92. No. C7. P. 6825–6835. https://doi.org/10.1029/JC092iC07p06825.