

## КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ ИКИ РАН 2016-2017 гг.

### Авторы:

Тихонов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Комарова Н.Ю.

### Название цикла:

Спутниковая микроволновая радиометрия криосферы Земли.

### Публикации:

1. Китаев Л.М., **Тихонов В.В.**, Титкова Т.Б. Точность воспроизведения по спутниковым данными аномальных значений снегозапасов. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т.14. № 1. С. 27-39. DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-1-27-39.
2. **Тихонов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Комарова Н.Ю.** Модель собственного микроволнового излучения снежно-фирновых слоев Антарктиды. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т.14. № 1. С. 200-204. DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-1-200-204
3. **Тихонов В.В., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А.,** Репина И.А., **Комарова Н.Ю.** Мониторинг морского льда полярных регионов с использованием спутниковой микроволновой радиометрии. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т.12. № 5. С. 150-169.
4. Хвостов И.В., Романов А.Н., **Тихонов В.В., Шарков Е.А.** Некоторые особенности микроволнового радиотеплового излучения пресноводных водоемов с ледовым покровом. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т.14. № 4. С. 149-154. DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-4-149-154.
5. **Тихонов В.В.,** Хвостов И.В., Романов А.Н., **Шарков Е.А.** Анализ изменений ледяного покрова пресноводных водоемов по данным SMOS. // Исследование Земли из космоса. 2017. № 6. С. 46-53. Принята в печать.

### Аннотация

#### Актуальность:

Изменение климата – одна из самых существенных и серьезных проблем, с которыми человек сталкивается в 21-ом столетии. Вечная мерзлота, морские льды, снежные и ледяные покровы, континентальные ледниковые щиты, горные ледники и системы ледяных облаков являются ключевыми компонентами криосферы и глобальной окружающей среды. Научное исследование криосферы имеет большое значение для таких вопросов, как изменение климата, региональные водные ресурсы, деградация вечной мерзлоты и изменение уровня моря. Исследование криосферы находится на переднем крае по широкому спектру

дисциплинарных наук, включая гляциологию, гидрологию, климатологию, геологию, экологию, географию и т.д. Спутниковая микроволновая радиометрия находит широкое применение при исследовании криосферы Земли. Это и анализ сплоченности морского ледяного покрова полярных регионов, и определение характеристик снежного покрова, и изучение ледниковой толщи Гренландии и Антарктиды, и выявление зон вечной мерзлоты и глубины промерзания почвы, и наблюдение за фенологическими фазами ледового покрова больших пресноводных озер, и многое другое.

### **Решаемая задача:**

Представляемый цикл работ посвящен исследованию криосферы Земли по данным спутниковой микроволновой радиометрии. В работах был выполнен анализ возможностей спутниковых радиометров для определения водного эквивалента снежного покрова, анализа сплоченности морского льда полярных регионов, наблюдения фенологических фаз ледяного покрова крупных пресноводных озер и исследования ледового щита Антарктиды.

### **Используемый подход:**

Влагозапас, или снегозапас, или водный эквивалент снега, представляет собой толщину слоя воды (мм или см), образующейся при растапливании исходного количества снега. Задача определения водного эквивалента снега является основной задачей дистанционного зондирования снежного покрова. Для этих целей используется микроволновый диапазон. В настоящее время существует большое количество алгоритмов определения влагозапаса снежного покрова (более 10), которые непрерывно совершенствуются. Основная задача работы [1] состояла в оценке точности современных алгоритмов определения пространственно-временных изменений снегозапасов с учетом изменений приземной температуры воздуха и осадков зимнего периода. Анализ проводится на примере территории Евразии в границах России, за временной период 1979–2007 гг.

В работах [2-5] рассматривалась возможность применения модели собственного микроволнового излучения плоскостлой неоднородной, неизотермической среды, для решения задач мониторинга ледового щита Антарктиды, морского льда полярных регионов, а также ледяного покрова крупных пресноводных озер. Модель учитывает физические и структурные характеристики исследуемой среды, а также рассеяние излучения на структурных неоднородностях. В каждом случае модель была адаптирована для конкретного объекта (снежно фирновые слои, морской или пресноводный лед). В качестве входных параметров модели использовались реальные физические и структурные характеристики этих сред.

### **Результаты:**

1) Сравнительный анализ многолетних рядов восстановленных по спутниковым данным и фактических снегозапасов показал, что их невязка, осредненная по крупным физико-географическим регионам составляет 17–45%, при обозначенной разработчиками алгоритмов погрешности не более чем в 25%. Стандартное отклонение, рассчитанное для восстановленных снегозапасов, более чем в два раза превышает величину стандартного отклонения для фактических данных. Таким образом, фактические и восстановленные по спутниковым данным снегозапасы имеют малую схожесть в пространственном и временном распределении. Полученные в работе закономерности могут служить как для

уточнения значений уже восстановленных снеготпасов, так и для коррекции алгоритмических расчетов.

- 2) Выполнен модельный расчет яркостной температуры для различных областей ледового щита Антарктиды, морского льда Арктики и Антарктики, ледяного покрова ряда крупных пресноводных озер. Сравнение модельных расчетов с данными спутниковых радиометров SSM/I и SSMI/S показало их хорошее соответствие. В качестве входных параметров модели были использованы реальные физические и структурные характеристики исследуемых сред.
- 3) На основе разработанной модели собственного микроволнового излучения плоскостойкой неоднородной, неизотермической среды создан алгоритм определения сплоченности морского льда полярных регионов по данным спутниковой микроволновой радиометрии. Алгоритм определяет не только сплоченность морского льда, но и площади областей ледяного покрова, занятые снежницами (области талого и растаявшего снега на льду), которые во многом определяют термодинамику ледяного покрова в летнее время. Алгоритм не использует значения точек привязки (характеристик излучения морского льда и открытой воды), которые определяются экспериментально, что выгодно отличает его от других алгоритмов.
- 4) На основе модели собственного микроволнового излучения плоскостойкой неоднородной, неизотермической среды разработан метод определения фенологических фаз ледяного покрова крупных пресноводных водоемов по данным радиометра MIRAS (1.4 ГГц) спутника SMOS (на примере озер Байкал, Ладожское, Большое Медвежье, Гурон). Показана возможность определения начала весеннего разрушения льда озера по спутниковым данным. Полученные результаты могут быть использованы для определения сроков действия ледовых переправ (зимников) так как, начиная с этого периода лед, становится ненадежным и не может быть использован в качестве естественных переправ через водные объекты (реки, озера).