

КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ ИКИ РАН 2021 г. МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ

Авторы:

Соколова Юлия Вадимовна, 29 лет. ААНИИ, ИКИ РАН.

Название:

Цикл статей: «Использование спутниковых данных ИК и видимого диапазонов для уточнения характеристик морского льда и снежного покрова».

Ссылки на публикации:

1. Алексеева Т.А., **Соколова Ю.В.**, Тихонов В.В., Смоляницкий В.М., Афанасьева Е.В., Раев М.Д., Шарков Е.А. Анализ областей морского льда в Северном Ледовитом океане, неопределяемых алгоритмом ASI по данным спутниковой микроволновой радиометрии // Исследование Земли из космоса. 2021. № 6. Принята к печати (см. справку из редакции).
2. Тихонов В.В., **Соколова Ю.В.**, Боярский Д.А., Комарова Н.Ю. О возможности восстановления снегозапаса снежного покрова по данным спутниковой микроволновой радиометрии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. № 5. Принята к печати (см. справку из редакции).

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность.

В связи с климатическими изменениями, которые наблюдаются в последние десятилетия, большое внимание уделяется анализу изменений характеристик снежного покрова и морского льда в Северном полушарии.

Снег - ключевой компонент энергетического баланса Земли, окружающей среды и основной источник пресной воды во многих регионах. Сезонный снег, как правило, покрывает до 30 % площади северного полушария. Основной характеристикой снежного покрова является его снегозапас или водный эквивалент (*англ.* Snow water equivalent). Он представляет собой толщину слоя воды (в миллиметрах или сантиметрах), образующейся при растапливании исходного количества снега.

Морской лед играет важную роль в климатической системе Земли и является одним из важнейших индикаторов климатических изменений. Информация о ледовых условиях играет значительную роль для решения ряда практических и научных задач: обеспечения судоходства, добычи полезных ископаемых на шельфе, оценки теплообмена между океаном и атмосферой и т.д. Важными характеристиками морского льда являются: сплоченность (отношение площади льдин в зоне, где они распределены сравнительно равномерно, к общей площади этой зоны) и ледовитость (процент площади, занятой льдом любой сплоченности по отношению к общей площади региона).

Учитывая труднодоступность северных регионов, а также ограниченное покрытие этих районов натурными наблюдениями, в настоящее время основное внимание уделяется

дистанционным методам мониторинга морского льда и снежного покрова.

Среди спутниковых данных при изучении изменчивости ледяного и снежного покрова особое место уделяется микроволновой радиометрии. Во-первых, из-за наиболее длинного ряда данных – первые результаты были получены в конце 1978 г. Во-вторых, данные спутниковой микроволновой радиометрии ежедневные, всепогодные и охватывают всю территорию Земли, на широтах выше 58-го градуса - два раза в сутки.

Для расчета общей сплоченности и площади морского льда, а также снегозапаса снежного покрова по значениям яркостной температуры поверхности, которую определяют микроволновые радиометры, уже создано и используется большое число алгоритмов, которые постоянно совершенствуются. Однако при определении общей площади морского ледяного покрова разница в значениях, полученная по разным алгоритмам, может достигать 1,3 млн. км², тогда как графики изменения площади ледяного покрова показывают ее изменение от 0,534 до 0,978 млн. км² за десятилетний период, в зависимости от алгоритма. То есть, ошибки данных спутниковой микроволновой радиометрии, по которым определяется площадь морского льда, сопоставимы с межгодовыми изменениями площади льда в Арктике. Ошибка в определении снегозапасов по данным спутниковой микроволновой радиометрии составляет 30–100 % и более, в зависимости от сезона и рассматриваемого региона.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.

В данном цикле работ решалось две основных задачи:

1. Комплексный анализ ледовых условий по спутниковым снимкам в оптическом диапазоне, ледовым картам, данным специальных судовых наблюдений и данным ледовой авиаразведки Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ), для выявления комплекса причин, приводящих к занижению сплоченности морского льда в летний период, полученной по данным спутниковой микроволновой радиометрии, а также оценке площади таких льдов.
2. Исследование сезонной и межгодовой динамики яркостной температуры разных областей севера европейской части России на частотах 1,4; 19,35; 22,24; 37; 91,655 ГГц. Анализ зависимостей яркостной температуры различных каналов от климатических характеристик (температуры, количества осадков), толщины снежного покрова, а также разных типов поверхности, попадающих в пиксель радиометра (леса, болота, травянистая растительность, водные объекты). Определение факторов, вызывающих большие ошибки в определении снегозапаса снежного покрова по данным спутниковой микроволновой радиометрии.

Используемый подход, его новизна и оригинальность:

В исследованиях был задействован обширный набор данных от контактных до спутниковых:

1. Данные спутниковой микроволновой радиометрии. Приборы AMSR-2, SSMIS и MIRAS.
2. Спутниковые снимки в видимом и ИК диапазонах (MODIS, Landsat-8).
3. Данных прибора Vegetation спутника PROBA-V (*англ.* PROject for OnBoard Autonomy-Vegetation).
4. Данные по климатическим характеристикам и толщине снежного покрова были получены от ближайших метеостанций и с сайта Расписание Погоды (<https://rp5.ru>).
5. Обзорные ледовые карты ААНИИ.
6. Данные специальных судовых наблюдений ААНИИ.

Сопоставление такого большого набора данных по характеристикам морского льда и снежного покрова выполнено впервые.

Полученные результаты и их значимость:

- 1) В шельфовых морях в районах устьев рек в течение зимнего сезона формируются льды, сильно загрязненные терригенными осадками, выносимыми речными водами. Грязная поверхность таких льдов становится видимой в летний период при стаивании снежного покрова. Сплоченность загрязненных льдов плохо определяется методами спутниковой микроволновой радиометрии. Наши исследования показали, что площадь зон морского льда в Северном Ледовитом океане, которые не определяются алгоритмами спутниковой микроволновой радиометрии в силу сочетания природных факторов (сплоченность, разрушенность, размеры ледяных полей, загрязненность), в разные годы в конце августа может изменяться от 5,7% до 23,3% от общей площади ледяного покрова в Арктике. Подобные результаты получены впервые. Ранее, ни в зарубежной, ни в отечественной научной литературе, не поднимался вопрос о занижении площади арктического морского льда, рассчитанного по алгоритмам спутниковой микроволновой радиометрии из-за загрязнения его терригенными осадками, выносимыми речными водами. Выполненные исследования показали необходимость уточнения и корректировки площади морского льда Северного Ледовитого океана в конце лета, полученной по данным спутниковой микроволновой радиометрии.
- 2) Показано, что использование алгоритмов восстановления толщины и снегозапаса снежного покрова, построенных на основе данных спутниковых микроволновых радиометров, работающих в диапазоне частот 19–92 ГГц (SSM/I, SSMIS), должно приводить к существенным ошибкам для территорий, покрытой лесной хвойной растительностью. Поскольку большая часть территории России находится в таёжной зоне, то применение таких алгоритмов для оценки снегозапаса становится неэффективным. Использование радиометра MIRAS спутника SMOS для определения толщины и снегозапаса снежного покрова также неэффективно из-за большой глубины формирования излучения в снегу для данного диапазона (1,4 ГГц). Таким образом, существующие продукты по определению водного эквивалента снега по данным спутниковых микроволновых радиометров, предлагаемые или выкладываемые на сайтах

NASA, NSIDC, ESA и т.п., носят больше рекламный или коммерческий характер, нежели реальный и применимый для конкретных нужд.

- 3) По спутниковым данным выполнен анализ вариантов плавания в юго-западной части Карского моря и скорости движения судов ледового класса Arc7 в зависимости от ледовых условий плавания. Представлена вероятность использования различных вариантов плавания в юго-западной части Карского моря во время круглогодичной навигации за период 2006-2014 гг. В настоящее время остро стоит вопрос автоматизации и повышения скорости предоставления гидрометеорологической информации, для чего важно применять все типы существующей спутниковой информации. Данная работа является одним из первых шагов к анализу ледовых условий круглогодичного плавания по трассам Северного Морского пути, что впоследствии будет применяться для модернизации и автоматизации определения оптимальных вариантов плавания современных типов судов.