

ВНУТРИГОДОВАЯ ДИНАМИКА РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТУНДРЫ ПО ДАННЫМ РАДИОМЕТРА AMSR-E WITHIN-YEAR DYNAMICS OF RADIO NATURAL EMISSION OF A TUNDRA USING OF THE AMSR-E DATA

А.Г. Гранков, д.ф.-м.н., А.А. Мильшин, с.н.с., Н.К. Шелобанова, вед. спец.
ФирЭ им. В.А. Котельникова РАН, тел. 8(496)-5652656, amilshin@list.ru

Введение

На рис.1 показано распределение тундровой зоны в модели глобального радиоизлучения Земли для системы почва – растительность – атмосфера – космос. Координаты границ тундровой зоны составляют: в западном полушарии (74° с.ш., 180° з.д.) - (50° с.ш., 60° з.д.) и в восточном полушарии (74° с.ш., 10° в.д.) - (54° с.ш., 180° в.д.). Механизм формирования радиотеплового излучения в дециметровом диапазоне рассмотрен в работах [1-5]. Основными факторами, определяющими сезонный ход яркостных температур (ЯТ) являются пространственно-временные вариации влажности и температуры верхнего слоя почвы. Тундра является многослойной средой, и для лучшего понимания механизма формирования излучения, желательно проводить измерения в широком участке спектра, включая сантиметровый диапазон (СМД). В СМД накоплен большой объем спутниковых архивных глобальных данных, находящихся в свободном доступе. Для анализа пространственно-временных вариаций радиоизлучения тундры в СМД мы обработали данные радиометра AMSR-E спутника EOS Aqua за 2010 год. AMSR-E является 12-ти канальным сканером с рабочими частотами 6.9 (каналы 06V, 06H), 10.65 (10V, 10H), 18.7 (18V, 18H), 23.8 (23V, 23V), 36.5 (37V, 37H) и 89 ГГц (89V, 89H). V, H – вертикальная и горизонтальная поляризация принимаемого излучения среды. Данные хранятся в файлах в виде массивов с разрешением $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ по широте и долготе в NSIDC (National Snow and Ice Data Center) в Боулдере США.

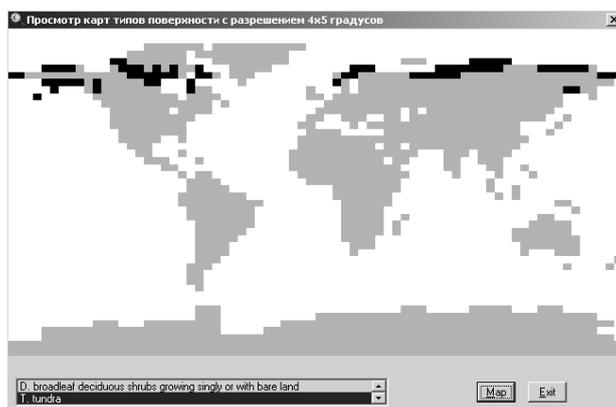
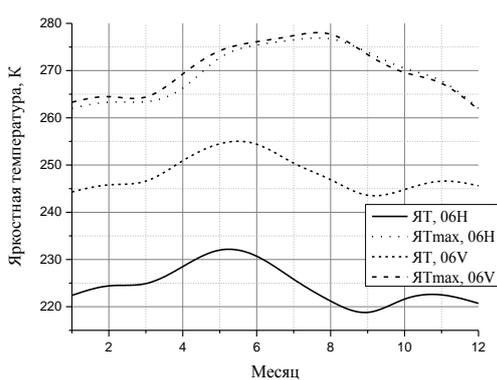


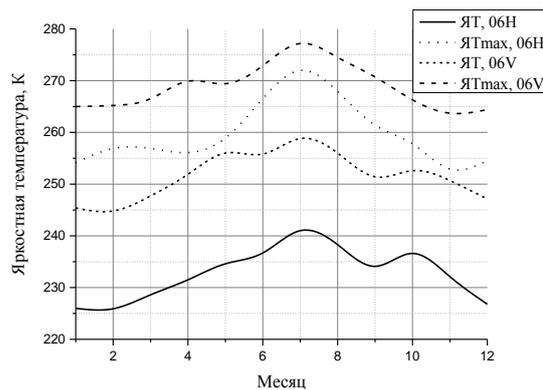
Рисунок 1. Пространственное распределение тундровой зоны в модели глобального радиоизлучения Земли.

Сезонные вариации радиоизлучения тундры

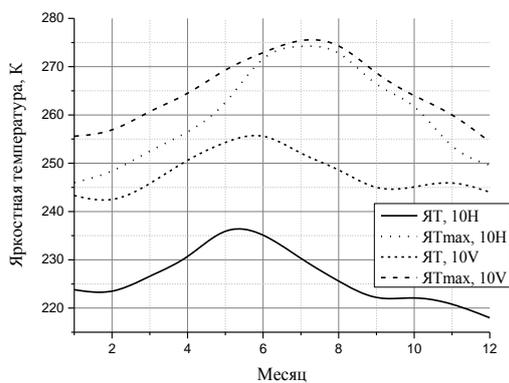
Характер распределения ЯТ в мае для тундры в западном полушарии (ТЗП) определяется процессами таяния снега, льдов, особенно в северной части исследуемой области. В июне-сентябре акватория на севере и Гудзонский залив и пролив освобождаются ото льда. Процесс оттаивания верхнего слоя почвы стабилизируется, и



а)

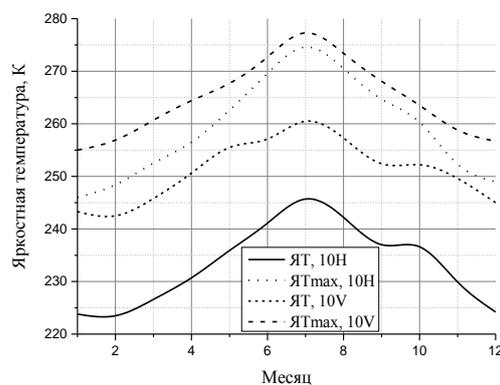


б)

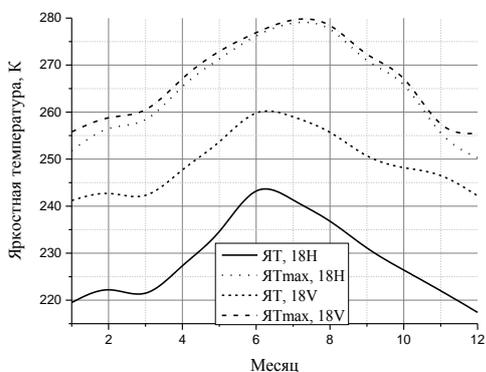


в)

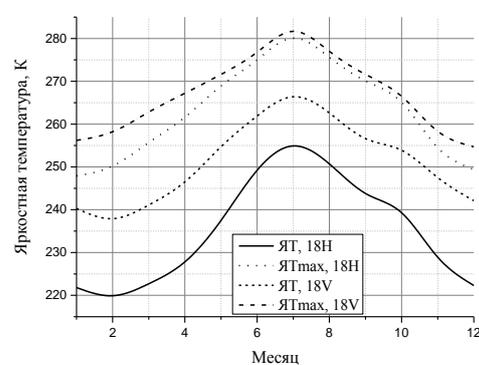
Рис.



г)



д)



е)

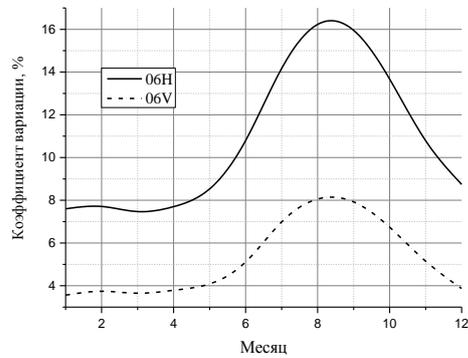
Тундра западного полушария

Тундра восточного полушария

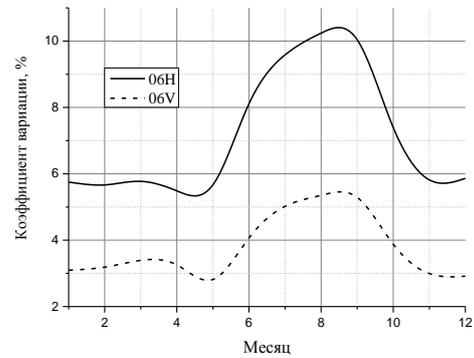
Рисунок 2. Сезонные вариации средних и максимальных значений ЯТ тундры по данным радиометра AMSR-E на частотах 6.9 (а, б), 10.65 (в, г) и 18.7 ГГц (д, е) в 2010 году

картина пространственного распределения ЯТ за этот период практически не меняется и определяется характером распределения многочисленного числа озер и болот. Для ТЗП средние значения ЯТ имеют максимум в мае месяце на частоте $F=6.9$ ГГц (рис.2 а) и минимум в сентябре. Величина поляризационного контраста $\Delta T_{VH}^{BT} = T_V^{BT} - T_H^{BT}$ составляет около 22 К и постоянна в течение года. Максимум значений T_{max}^{BT}

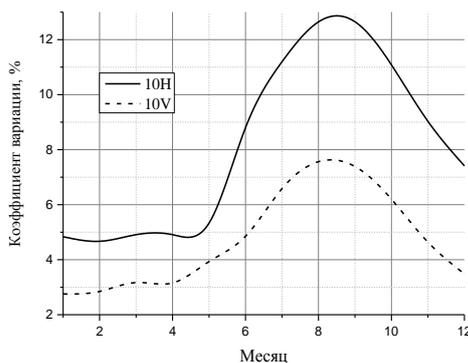
приходится на лето, поляризационные различия отсутствуют. Для ТЗП средние значения ЯТ имеют максимум в мае месяце на частоте $F=10.65$ ГГц (рис.2 в) и минимум в сентябре-феврале. Величина поляризационного контраста $\Delta T_{VH}^{BT} = T_V^{BT} - T_H^{BT}$ составляет около $18 \div 20$ К. Максимум значений T_{max}^{BT} приходится на лето, поляризационные различия составляют от 1 до 10 К. Для ТЗП средние значения ЯТ имеют максимум в июне месяце на частоте $F=18.7$ ГГц (рис.2 д) и минимум в декабре.



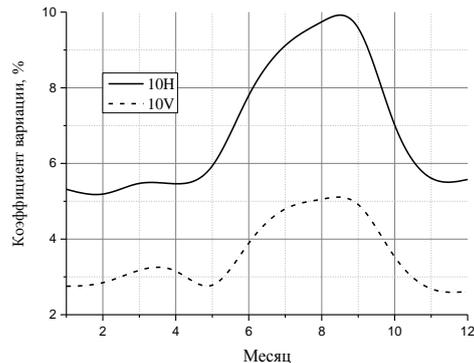
а)



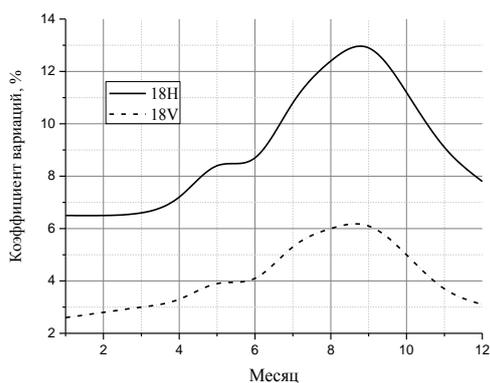
б)



в)

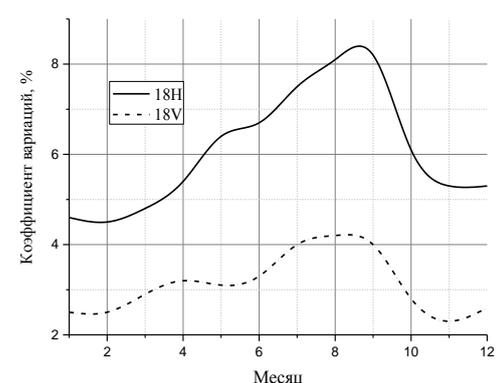


г)



д)

Тундра западного полушария



е)

Тундра восточного полушария

Рисунок 3. Сезонные изменения коэффициента вариаций ЯТ тундры по данным радиометра AMSR-E на частотах 6.9 (а, б), 10.65 (в, г) и 18.7 ГГц (д, е) в 2010 году

Величина поляризационного контраста незначительно меняется в течение года и составляет около 16÷25 К. Максимум значений T_{\max}^{BT} приходит на лето, поляризационные различия практически отсутствуют.

В восточном полушарии для тундровой зоны (ТВП) характерна более выраженная пространственно-временная динамика радиоизлучения тундры. Для ТВП средние значения ЯТ имеют максимум в июле месяце на частоте 6.9, 0.65 и 18.7 ГГц (рис.2 б, г, е) и минимум в декабре-феврале. Величина поляризационного контраста незначительно меняется в течение года и составляет около 16÷20 К (6.9, 10.65 ГГц) и 11÷20 К (18.7 ГГц). Максимум значений T_{\max}^{BT} приходит на лето, поляризационные различия находятся в пределах 5÷14 К (6.9 ГГц), 2÷9 К и 1.5÷7 К (18.7 ГГц).

На рис.3 представлены сезонные изменения коэффициента вариаций $\delta(T_{\text{ВН}}^{BT})$. Для ТЗП (рис.3 а, в, д) максимум δ (6.9 ГГц) приходится на август-сентябрь и составляет 16% на ГП и 8% на ВП. Минимальные значения δ наблюдаются с декабря по май месяцы и составляют около 8% на ГП и 4% на ВП. Поляризационный контраст δ составляет -8% для максимальных и -4% для минимальных значений δ . На частоте 10.65 ГГц максимум δ приходится на август-сентябрь и составляет 12.8% на ГП и 7.6% на ВП, соответственно минимум отмечается в январе – 4.9% на ГП и 2.4 % на ВП. Поляризационный контраст δ изменяется в пределах от -1.2% до -4%. На частоте 18.7 ГГц максимум δ приходится на август-сентябрь и составляет 13% на ГП и 6% на ВП, соответственно минимум отмечается в январе – 6.2% на ГП и 2.6 % на ВП. Поляризационный контраст δ изменяется в пределах от -2.6% до -6.8%.

Для ТВП (рис.3 б, г, е) максимум δ (6.9 ГГц) приходится на август-сентябрь и составляет 10.3% на ГП и 5.5% на ВП. Минимальные значения δ наблюдаются с октября по май и составляют около 5.5% ÷ 5.9% на ГП и 2.8% - 3.4% на ВП. Поляризационный контраст δ варьирует от -2.8% до -4.8%. На частоте 10.65 ГГц максимум δ приходится на август-сентябрь и составляет 10% на ГП и 5% на ВП, соответственно минимум отмечается в ноябре-мае 5.1% - 5.6% на ГП и 2.6% ÷ 3.2 % на ВП. Поляризационный контраст δ изменяется в пределах от -2.2% до - 5%. На частоте 18.7 ГГц максимум δ приходится на август-сентябрь и составляет 8.2% на ГП и 4.2% на ВП, соответственно минимум отмечается в январе-марте 4.5% ÷ 4.8% на ГП и с октября по март 2.5% ÷ 2.9 % на ВП. Поляризационный контраст δ изменяется в пределах от -2% до - 4.2%.

Таблица 1. Спектры средних значений ЯТ и коэффициента вариаций

Тундра западного полушария								
F ГГц	Среднее значение ЯТ, К				Коэффициент вариаций ЯТ, %			
	май		декабрь		июль		февраль	
	Н	V	Н	V	Н	V	Н	V
6.9	232	254.5	220.7	245.6	16.2	8.1	7.7	3.7
10.65	235.9	254.3	218	244	12.6	7.6	4.7	2.8
18.7	234.6	253.7	217.4	242.2	12.4	6	6.5	2.8
Тундра восточного полушария								
	июль		февраль		август		февраль	
6.9	241	258.8	225.9	244.8	10.2	5.4	5.7	3.2
10.65	245.7	260.5	223.5	242.5	9.7	5.1	5.2	2.8
18.7	254.9	266.4	219.9	237.9	8.1	4.2	4.5	2.5

Спектральные контрасты средних значений ЯТ и коэффициента вариаций ЯТ показывают данные таб.1. Для ТЗП спектральные контрасты ЯТ незначительны и не превышают 3.9 К в мае и 3.4 К в декабре. Спектральный контраст коэффициента вариаций изменяется в пределах от 0.4% до 4.8% в июле и не превышает 3% в феврале. Для ТВП спектральные изменения ЯТ более выражены. Для июля контрасты изменяются в пределах от 1.7 К до 13.9 К, а для февраля они уменьшаются до величин 2.3 К ÷ 6.9 К. Спектральные изменения коэффициента вариаций ЯТ для августа составляют 0.5% ÷ 2.1%, а для февраля: 0.3% ÷ 1.2%. Для ТЗП максимальный спектральный контраст ЯТ для пары каналов 06Н-18Н наблюдался в августе: -15.9 К. Для ТВП эта величина составила + 3.8 К. Спектральный контраст коэффициента вариаций имеет максимум для пары каналов 06V-18V, равный -8.8% для ТЗП, а для ТВП он равен +2.1%.

Заключение

Выполнена обработка среднемесячных ЯТ на основе архивных данных сканера AMSR-E. В работе использовались данные измерений на частотах 6.9, 10.65 и 18.7 ГГц на горизонтальной и вертикальной поляризации для тундры в западном и восточном полушарии.

Получены оценки средних и максимальных значений ЯТ и коэффициента вариаций ЯТ для трех частот и двух поляризаций по всей площади тундры в обоих полушариях за период 2010 года.

Выполнен анализ сезонной динамики радиотеплового излучения тундры с учетом поляризационных и спектральных отличий. Данные анализа указывают на различия в механизме формирования радиотеплового поля тундры в западном и восточном полушарии.

Мы благодарим центр NSIDC за предоставленные спутниковые данные ЯТ радиометра AMSR-E.

Литература

1. Галкин Ю.С., Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шмаленюк А.С. Моделирование ослабления радиоволн лесным пологом в глобальной модели радиоизлучения земной поверхности в L- и P- диапазонах // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2007. Вып.2 (51). С.90–99.
2. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шелобанова Н.К. Контроль состояния поверхности тундры и мерзлых почв в L-диапазоне // Труды XXII Всероссийской конференции «Распространение радиоволн» (п. Лоо, Сочи, 18-22 сент. 2008 г.). С.13–16.
3. Мильшин А.А., Гранков А.Г., Шелобанова Н.К. Модель крупномасштабного радиотеплового излучения тундры и мерзлых почв в дециметровом диапазоне // Труды РНТОРЭС им. А.С.Попова. Серия: Научная сессия, посвященная дню радио. Выпуск: LXVI. 4. (Москва, 11-12 мая 2011 г.). С.94–97.
4. Мильшин А.А., Гранков А.Г., Шелобанова Н.К. Валидация модели глобального крупномасштабного радиоизлучения Земли в дециметровом диапазоне // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2011. Т.8. №1. С.246–254.
5. Мильшин А.А., Гранков А.Г., Шелобанова Н.К. Формирование радиоизлучения почвы в модели глобального крупномасштабного радиотеплового излучения земли в дециметровом диапазоне // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т.9. №3. С.43–49.