

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРЕ ТРОПИКОВ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В ЛИНИИ 183 ГГц ИЗ КОСМОСА

© 2012 г. А. Г. Семин^{1*}, А. В. Кузьмин², Ю. Б. Хапин², Е. А. Шарков²

¹Пензенский государственный педагогический университет, Пенза

²Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН, Москва

*E-mail: semin@sura.ru

Поступила в редакцию 29.03.2011 г.

Радиометрические спутниковые данные могут быть с успехом использованы не только опосредованно для восстановления значений метеорологических параметров, но и непосредственно, в качестве прямых характеристик теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы. В настоящей работе рассматривается возможность получения детальных данных по восстановлению профиля водяного пара в атмосфере. Решение этой задачи, несомненно, будет принципиально важным шагом в изучении физических условий генезиса и эволюции тропических циклонов. Анализируется возможность детального (8–10 градаций на высотах от 0 до 10 км) восстановления профиля водяного пара с использованием резонансной линии поглощения 183 ГГц. Наряду с этим, чтобы исключить влияние неопределенности в определении профиля температуры, рассматривается целесообразность введения в состав радиометра измерений в линии 118 ГГц.

Ключевые слова: восстановление профиля водяного пара в атмосфере, микроволновая радиометрия, радиояркая температура

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время данные дистанционного радиотеплового зондирования Земли в микроволновом диапазоне из космоса широко используются для измерения температурных и влажностных характеристик атмосферы, а также характеристик земной поверхности (Sharkov, 2003). Однако диапазоны электромагнитных длин волн и методы, традиционно используемые для зондирования, не позволяют детально исследовать температурные и влажностные поля земной атмосферы, находящейся в экстремальных состояниях, таких как условия генезиса тропических циклонов. Тропический циклон представляет собой явление природы крупного масштаба, и естественно считать, что его генезис также обусловлен гидродинамической крупномасштабной неустойчивостью. Однако обычная система уравнений гидродинамики для сухой атмосферы не описывает никакой крупномасштабной неустойчивости. В свою очередь, конвективная неустойчивость не является крупномасштабной (по сравнению с характерными размерами земной атмосферы) и сама по себе не может отвечать за возникновение и развитие такой крупномасштабной структуры, как тропический циклон. Таким образом, поиск физического механизма, адекватно

описывающего возникновение крупномасштабной неустойчивости типа тропического циклона (ТЦ), является важнейшей физической проблемой (Sharkov, 1998; 2000; Руткевич, Шарков, 2004; Шарков, 2010). Все существующие модели генезиса ТЦ сходятся на том, что его энергетическим источником является выделение скрытой теплоты конденсации и сублимации атмосферной влаги. Однако хотя основные модели имеют варианты как “сухого”, так и “влажного” вихрей, эти варианты отличаются только своими энергетическими характеристиками, и роль фазовых превращений влаги в атмосфере для этих моделей не выходит за рамки вспомогательного элемента. При этом упускается из рассмотрения возможность того, что процессы фазовых превращений атмосферной влаги могут приводить к принципиальным изменениям динамики атмосферы. В работах (Rutkevich, 2002; Руткевич, Шарков, 2004) предложена принципиально новая термогидродинамическая модель крупномасштабной неустойчивости в атмосфере с насыщенным водяным паром, которая может существенно изменить взгляды на формирование дистанционных микроволновых систем, предназначенных для исследования условий генезиса атмосферных катастроф. На основе модельных представлений,

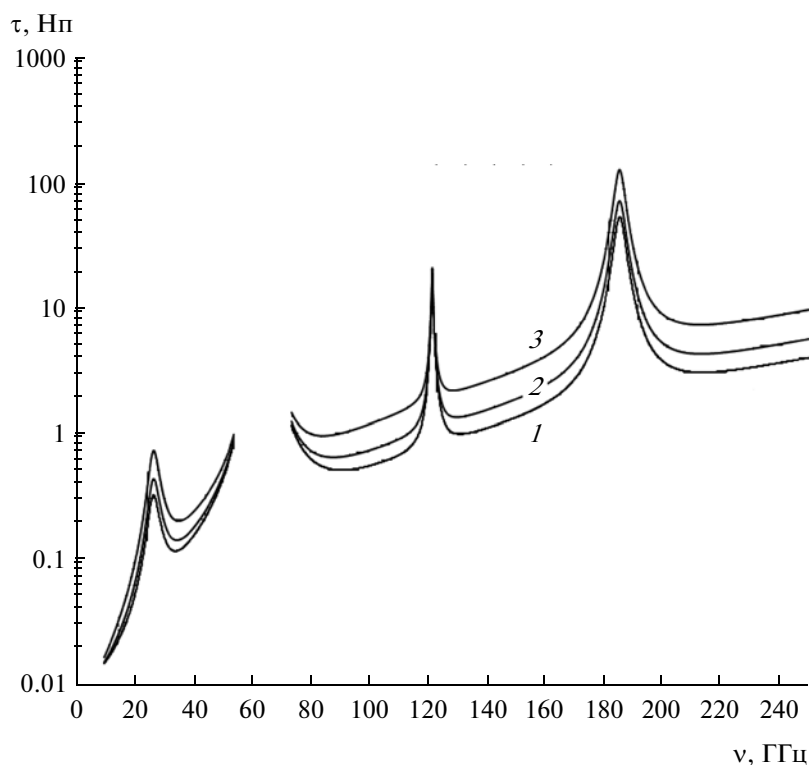


Рис. 1. Интегральное поглощение электромагнитного излучения в атмосфере в диапазоне 5 – 250 ГГц, угол визирования 50.19° от надира. Метеоданные соответствуют: 1 – стандартная атмосфера средних широт, температура воздуха у поверхности – 294 К, влажность – 14.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 2.94 г/см^2 ; 2 – стандартная тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 19.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 4.14 г/см^2 ; 3 – максимальная влажность, тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 26.4 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 6.93 г/см^2 .

экспериментальных данных микроволновых комплексов и при учете насыщенности всего высотного столба атмосферы водяным паром показана принципиальная возможность существования немонотонного (в противоположность ситуации сухой атмосферы) распределения скорости звука по высоте (сжимаемая атмосфера) с явно выраженным минимумом величины скорости звука. Последнее и определяет необходимые условия генерации вихревых структур. Именно эти условия (выявления своего рода инверсии высотного профиля звука) ставят на повестку дня требования к принципиально новым методам дистанционного зондирования предкризисных и кризисных ситуаций в земной атмосфере. В первую очередь это относится к дистанционному определению пространственно-временных характеристик детального высотного профиля содержания водяного пара и температуры внутри облачных систем (конвективного и неконвективного характера) на значительных пространственных океанических акваториях. Существующие методики обработки ИК-данных (например, в режиме “расщепленные” окна (Uspensky, Scherbina, 1996)) не позволяют достичь необходимой точно-

сти восстановления профиля водяного пара. Подобные исследования принципиально возможно выполнить только при помощи пассивных микроволновых дистанционных космических систем нового поколения (Кузьмин и др., 2005).

Одним из возможных решений этой задачи является использование спектральных измерений в линии резонанса атмосферного водяного пара 183 ГГц.

В настоящей работе исследуется потенциальная возможность восстановления профиля водяного пара по спутниковым радиометрическим данным в атмосфере тропических широт. По имеющимся у авторов данным, в зонах крупномасштабных тропосферных возмущений содержание водяного пара в атмосфере может составлять до 70 кг/м^2 , характеристическая высота распределения пара превышает 2.7 км. Использование низкочастотной линии резонанса водяного пара 22.2 ГГц не позволяет определить детальные профили водяного пара до высот 8–10 км. Одним из возможных решений этой задачи является использование линии резонанса водяного пара 183 ГГц. Возможность восстановления профиля

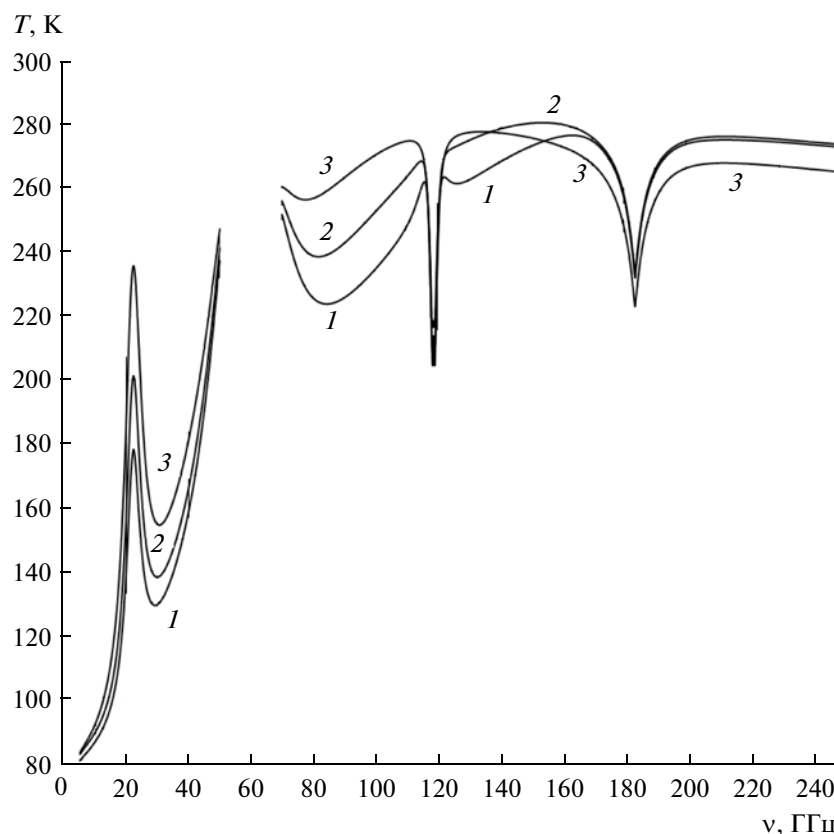


Рис. 2. Радиояркость температура электромагнитного излучения системы атмосфера–океан в диапазоне 5–250 ГГц, горизонтально поляризованное излучение, угол падения 50.19° . Метеоданные соответствуют: 1 – стандартная атмосфера средних широт, температура воздуха у поверхности – 294 К, влажность – 14.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 2.94 г/см^2 , температура поверхности – 294 К; 2 – стандартная тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 19.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 4.14 г/см^2 , температура поверхности – 300 К; 3 – максимальная влажность, тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 26.4 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 6.93 г/см^2 , температура поверхности – 300 К.

водяного пара проверялась численными модельными расчетами для системы атмосфера–океан.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА

Радиояркость температура системы атмосфера–поверхность на частоте ν в миллиметровом диапазоне радиоволн под углом падения θ , регистрируемая антенной радиометра на искусственном спутнике Земли (ИСЗ), определяется следующим выражением (Башаринов, 1974):

$$\begin{aligned}
 T_{b\nu}(\theta) = & [1 - R_\nu(\theta)] T_S \exp(-\tau_{0\nu} \sec \theta) + \\
 & + \int_0^\infty T(h) \gamma_\nu(h) \exp \left[- \int_h^\infty \gamma_\nu(h') \sec \theta dh' \right] \sec \theta dh + \\
 & + R_\nu(\theta) \exp(-\tau_{0\nu} \sec \theta) \times \\
 & \times \int_0^\infty T(h) \gamma_\nu(h) \exp \left[- \int_0^h \gamma_\nu(h') \sec \theta dh' \right] \sec \theta dh,
 \end{aligned}$$

где h, h' – высота над поверхностью океана; $R_\nu(\theta)$ – энергетический коэффициент отражения поверхности; T_S – температура поверхности; $\tau_{0\nu}$ – интегральное поглощение радиоволн в зените; $T(h)$ – вертикальный профиль температуры; $\gamma_\nu(h) = \gamma_{\nu 0}(h) + \gamma_{\nu w}(h)$ – погонный коэффициент поглощения радиоволн в атмосфере; $\gamma_{\nu 0}(h)$ – погонный коэффициент поглощения радиоволн в кислороде; $\gamma_{\nu w}(h)$ – погонный коэффициент поглощения радиоволн в водяном паре.

При расчете радиояркости температуры учитывались три составляющие: первая – это излучение самой подстилающей поверхности, ослабленное атмосферой; вторая – это яркостная температура восходящего излучения атмосферы; третья – нисходящее излучение атмосферы, отраженное поверхностью и ослабленное атмосферой.

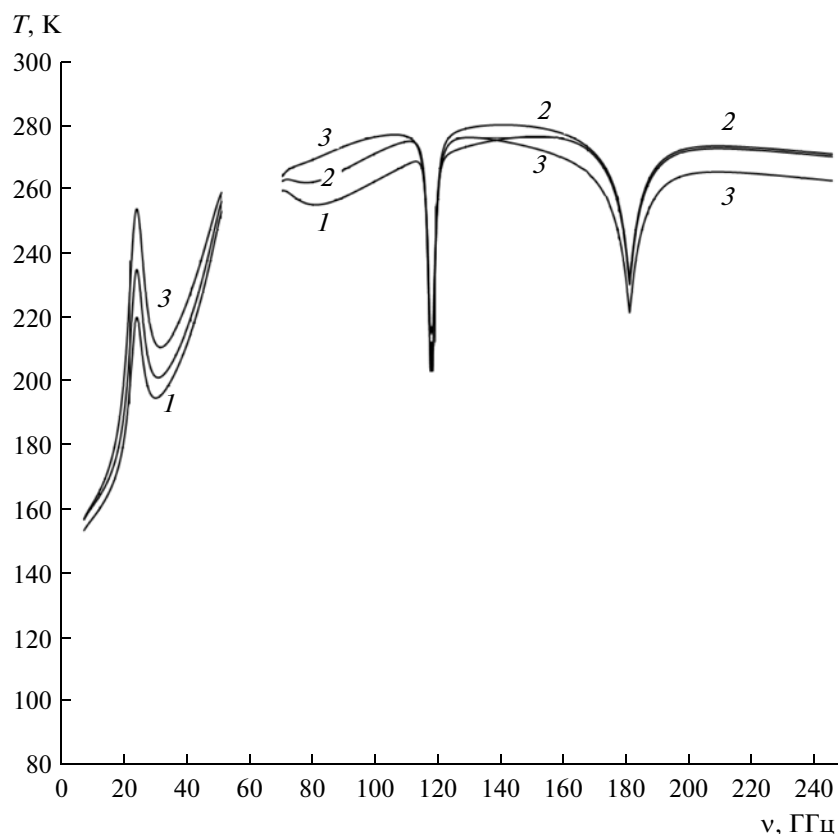


Рис. 3. Радиояркая температура электромагнитного излучения системы атмосфера–океан в диапазоне 5–250 ГГц, вертикально-поляризованное излучение, угол падения 50.19° . Метеоданные соответствуют: 1 – стандартная атмосфера средних широт, температура воздуха у поверхности – 294 К, влажность – 14.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 2.94 г/см^2 , температура поверхности – 294 К; 2 – стандартная тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 19.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 4.14 г/см^2 , температура поверхности – 300 К; 3 – максимальная влажность, тропическая атмосфера, температура воздуха у поверхности – 300 К, влажность – 26.4 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 6.93 г/см^2 , температура поверхности – 300 К.

Интегральное поглощение в атмосфере под углом θ определяется выражением

$$\tau_v(\theta) = \int_0^{\infty} \gamma_v(h) \sec \theta dh = \tau_{0v} \sec \theta.$$

Методика расчета погонного поглощения радиоволн в сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн в атмосферном кислороде приведена в работах (Жевакин, Наумов, 1965; Жевакин, 1986). Погонное поглощение в кислороде определяется как функция температуры, давления и частоты. При расчете поглощения проводится коррекция расхождения теоретического и экспериментального коэффициентов поглощения в кислороде в окнах прозрачности, что дает возможность проводить расчеты с высокой точностью.

Методика расчета поглощения радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазона в атмосферном водяном паре приводится в работе (Зра-

жевский, 1976). Расчет коэффициента погонного поглощения проводится суммированием поглощения по двадцати трем резонансным линиям водяного пара, вводится поправка на расхождение теоретического и экспериментального спектров поглощения. Коэффициент поглощения находится как функция давления, температуры, влажности и частоты.

Расчет интегрального поглощения в атмосфере и яркостной температуры атмосферы проводился численным интегрированием до высоты 25 км. Атмосфера разбивалась на слои высотой $\Delta h = 50 \text{ м}$. По значениям метеопараметров для стандартной атмосферы: давление; температура; влажность на фиксированных высотах – методом сплайн–интерполяции находились значения этих параметров для середины каждого слоя. По значениям метеопараметров определялся коэффициент поглощения i -го слоя в кислороде и водяном паре. Интегральное поглощение в слое находилось $\Delta \tau_i = \gamma(h_i) \Delta h \sec(\theta)$, интегральное погло-

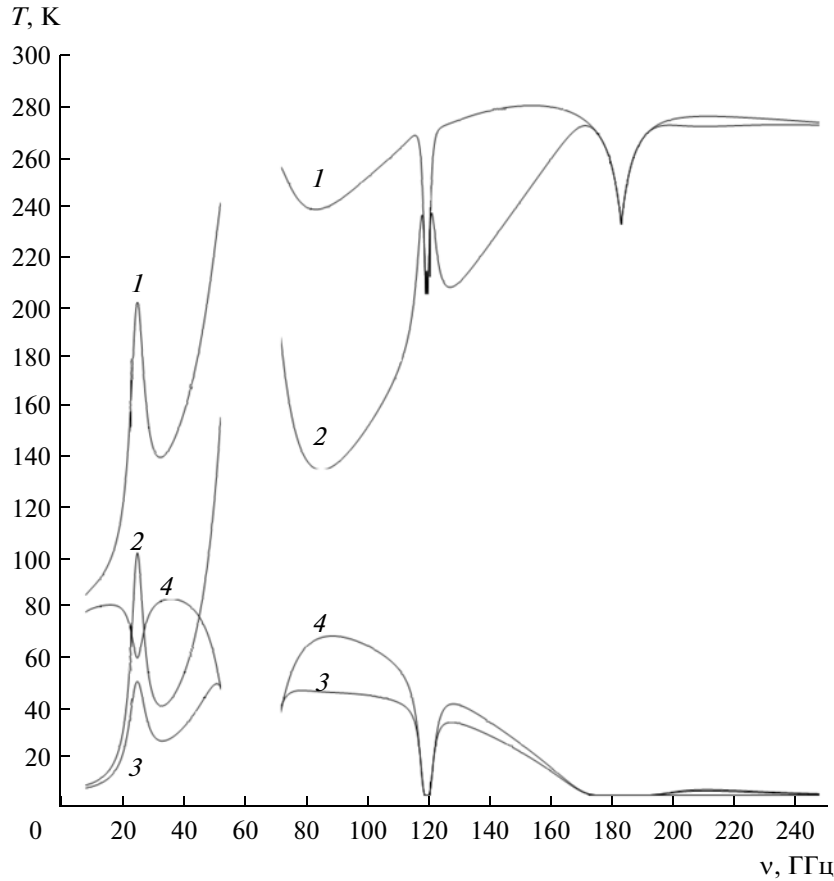


Рис. 4. Вклад в радиояркостную температуру системы атмосфера–поверхность составляющих излучения, горизонтально-поляризованное излучение, угол падения 50.19°. Расчет произведен для стандартной тропической атмосферы, температура воздуха у поверхности 300 К, влажность – 19.0 г/м³, давление – 1013 мб, интегральная влажность – 4.14 г/см². Радиояркостные температуры: 1 – системы атмосфера–поверхность; 2 – восходящего излучения атмосферы; 3 – поверхности, ослабленная атмосферой; 4 – нисходящего излучения атмосферы, отраженного поверхностью и ослабленного атмосферой.

щение в атмосфере определялось суммированием ΔT_i по всем слоям. Радиояркостная температура от i -го атмосферного слоя для восходящего излучения с учетом ослабления излучения лежащими выше слоями может быть представлена в виде

$$\Delta T_{bi} = T(h_i)[1 - \exp(-\gamma(h_i)\Delta h \sec(\theta))] \times \sum_{k=i+1}^n \gamma(h_k)\Delta h \sec(\theta),$$

где $T(h_i)$ – температура i -го слоя; $\gamma(h_i)$ – погонное поглощение в середине слоя; $n = 500$ – число слоев. Для нисходящего излучения

$$\Delta T_{bi} = T(h_i)[1 - \exp(-\gamma(h_i)\Delta h \sec(\theta))] \times \sum_{k=0}^{i-1} \gamma(h_k)\Delta h \sec(\theta).$$

Радиояркостная температура для восходящего или нисходящего излучения определялась сум-

мированием радиояркостных температур по всем слоям.

Для оценки возможности восстановления детального профиля атмосферного водяного пара по данным спутниковых измерений в линии резонанса 183 ГГц проведен расчет нормированных весовых функций для восходящего излучения водяного пара. Для каждой из частот определяется слой с максимальным значением радиояркостной температуры ΔT_{bmax} , значение весовой функции для каждого слоя определялось $K(h_i) = \Delta T_{bi}/\Delta T_{bmax}$.

Модельные расчеты интегрального поглощения электромагнитного излучения в атмосфере, спектры радиояркостных температур атмосферы, спектры радиояркостных температур системы атмосфера–океан и вклад различных составляющих излучения в радиояркостную температуру системы атмосфера–океан проводились в диапазоне 5–250 ГГц.

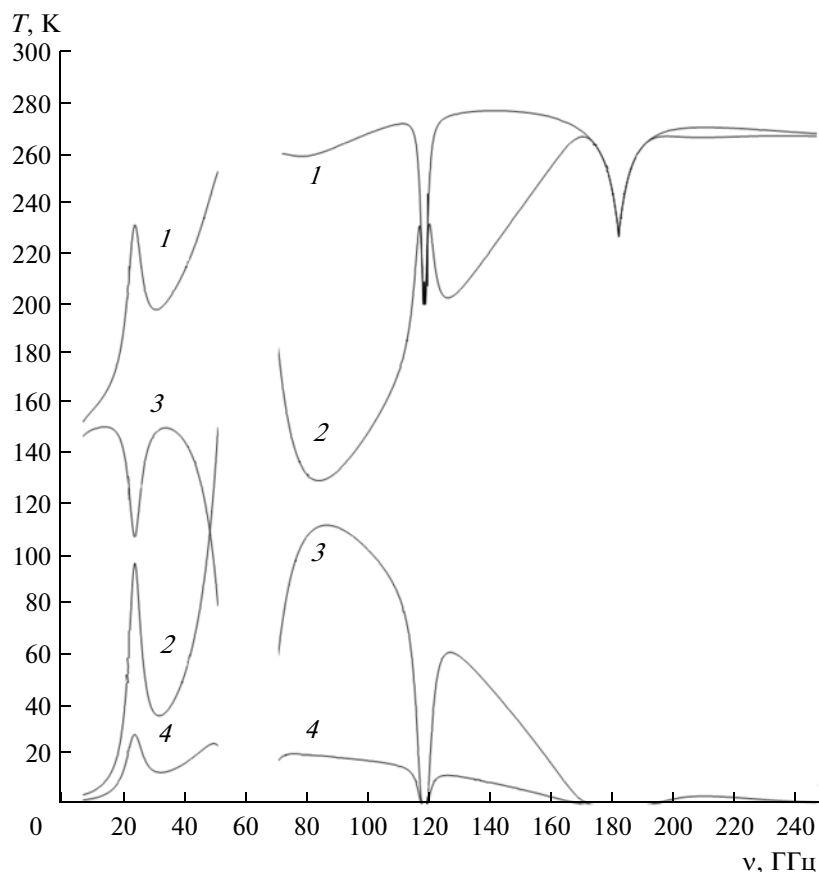


Рис. 5. Вклад в радиояркостную температуру системы атмосфера—поверхность составляющих излучения, угол наблюдения 50.19° , вертикально-поляризованное излучение. Расчет произведен для стандартной тропической атмосферы, температура воздуха у поверхности 300 К, влажность — 19.0 г/м³, давление — 1013 мб, интегральная влажность — 4.14 г/см². Радиояростные температуры: 1 — системы атмосфера—поверхность; 2 — восходящего излучения атмосферы; 3 — поверхности, ослабленная атмосферой; 4 — нисходящего излучения атмосферы, отраженного поверхностью и ослабленного атмосферой.

При расчетах были выбраны следующие модели свободной атмосферы:

— стандартная атмосфера средних широт. Давление у поверхности — 1013 мб, температура — 294 К, влажность у поверхности — 14 г/м³, интегральная влажность — 2.94 г/см² (Clatchey et al., 1972);

— стандартная тропическая атмосфера. Давление у поверхности — 1013 мб, температура — 300 К, влажность у поверхности — 19 г/м³, интегральная влажность — 4.14 г/см² (Clatchey et al., 1972);

— тропическая атмосфера с максимальной влажностью. Давление у поверхности — 1013 мб, температура — 300 К, влажность у поверхности — 26.4 г/м³, интегральная влажность — 6.93 г/см².

Температура поверхности океана принималась равной поверхностной температуре воздуха, влияние волнения на излучательную способность поверхности не учитывалось.

Предполагалось, что измерения радиояростной температуры проводятся из космоса, высота орбиты — 550 км, ориентация осей антенн к надиру составляет 45° , угол падения излучения на поверхность составляет 50.19° . Расчеты проводились численным интегрированием с шагом 50 м до высоты 25 км.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

На рис. 1 представлены результаты расчета интегрального поглощения электромагнитного излучения в атмосфере. В линии резонанса водяного пара 22.2 ГГц поглощение изменяется от 0.32 Нп для атмосферы средних широт до 0.72 Нп для атмосферы с максимальной влажностью, в центре резонансной линии 183 ГГц значение интегрального поглощения изменяется от 54 до 128 Нп соответственно. В окнах прозрачности изменения соответственно составляют: 85 ГГц — 0.51–0.97 Нп; 150 ГГц — 1.39–3.3 Нп.

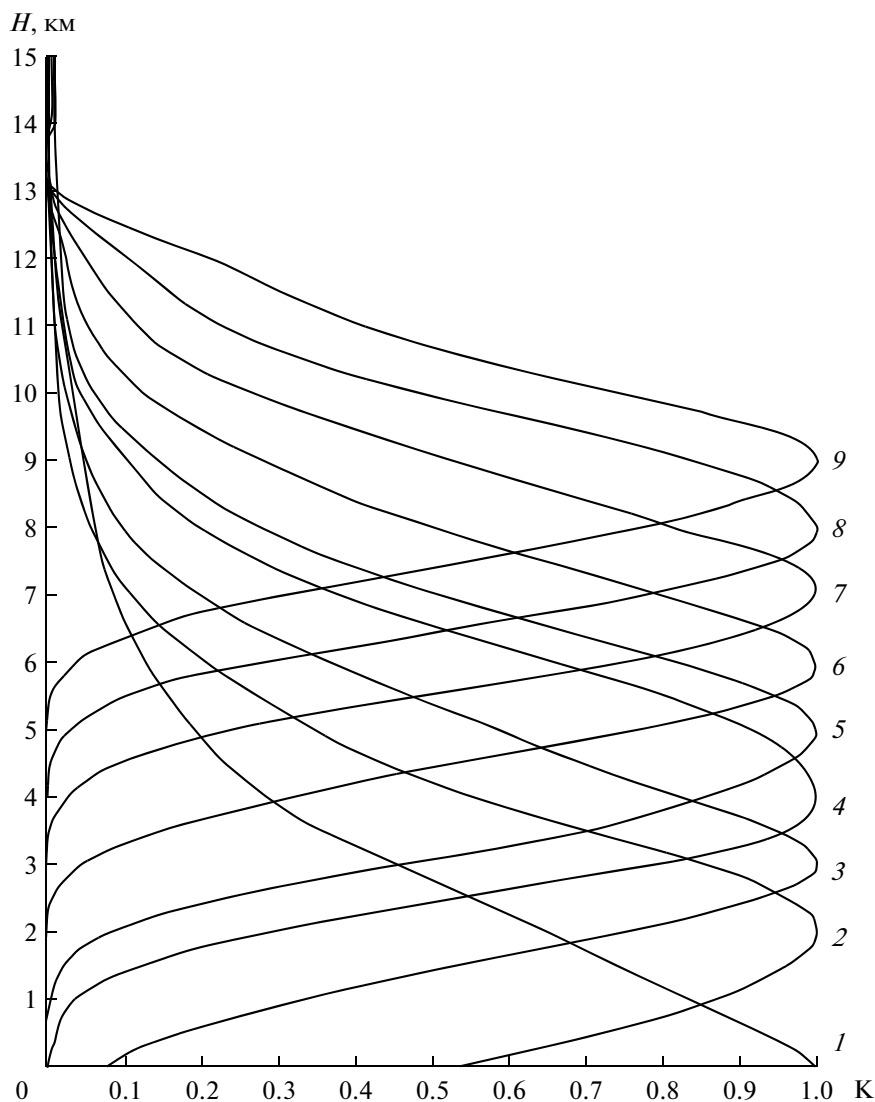


Рис. 6. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара, угол наблюдения 50.19° . Тропики, средняя атмосфера. Температура воздуха – 300 К, влажность – 22.7 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 5.53 г/см^2 . Описание кривых приведено в табл. 1.

На рис. 2, 3 приводятся радиояркостные температуры системы атмосфера–поверхность для стандартной и тропической атмосферы для горизонтально и вертикально поляризованного излу-

чения. На рис. 4, 5 приводится вклад основных составляющих излучения системы атмосфера–поверхность для горизонтально и вертикально поляризованного излучения соответственно.

Таблица 1. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара (описание кривых на рис. 6)

Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км	Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км
1	85.00	0.00	6	179.30	6.00
2	147.00	2.00	7	180.85	7.00
3	168.00	3.00	8	181.80	8.00
4	174.80	4.00	9	182.50	9.00
5	176.80	5.00			

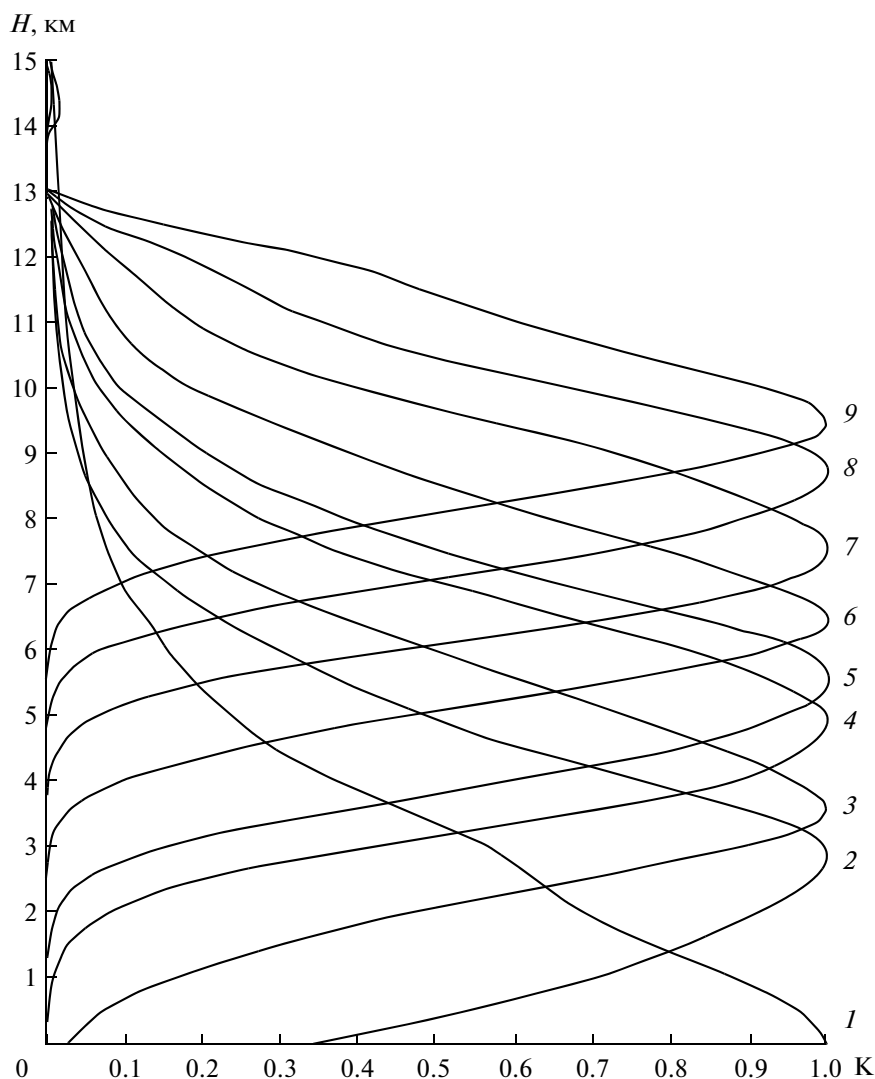


Рис. 7. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара, угол наблюдения 50.19° . Тропики, максимальная влажность. Температура воздуха – 300 К, влажность – 26.37 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 6.93 г/см^2 . Описание кривых приведено в табл. 2.

Как следует из расчетов, основной вклад в яркостную температуру системы атмосфера–поверхность в окрестности линии резонанса водяного пара 183 ГГц дает восходящее излучение ат-

мосферы, вклад излучения поверхности и нисходящего излучения атмосферы, отраженного поверхностью, незначителен. Вклады излучения поверхности и нисходящего излучения атмосферы

Таблица 2. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара (описание кривых на рис. 7)

Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км	Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км
1	85.00	0.00	6	179.30	6.50
2	147.00	2.95	7	180.85	7.50
3	168.00	3.60	8	181.80	8.75
4	174.80	4.85	9	182.50	9.50
5	176.80	5.55			

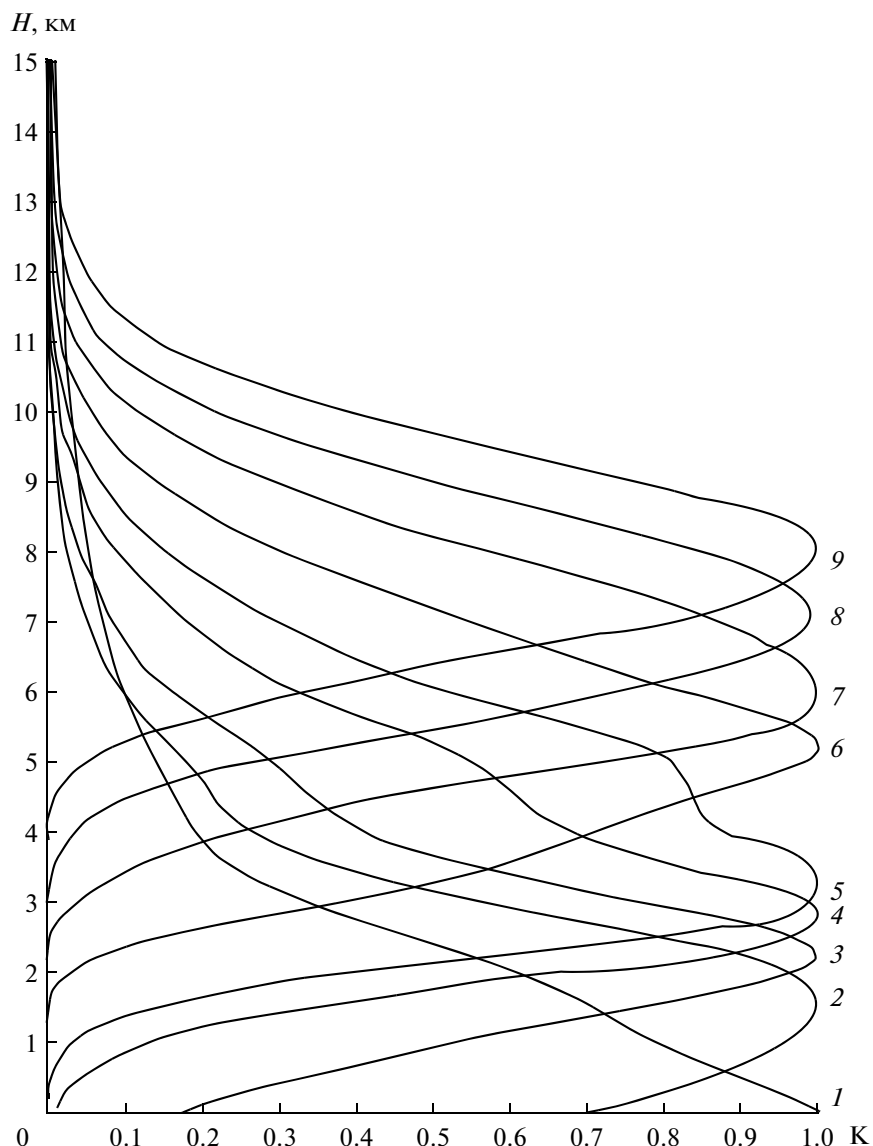


Рис. 8. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара, угол наблюдения 50.19° . Тропики, стандартная атмосфера. Температура воздуха – 300 К, влажность – 19.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 4.14 г/см^2 . Описание кривых приведено в табл. 3.

в яркостную температуру системы атмосфера–океан проявляются на малых частотах и окнах прозрачности атмосферы. Изменения радиояр-

костной температуры системы атмосфера–океан в зависимости от влажности существенно выше для горизонтально поляризованного излучения,

Таблица 3. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара (описание кривых на рис. 8)

Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км	Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км
1	85.00	0.00	6	179.30	5.25
2	147.00	1.70	7	180.85	5.90
3	168.00	2.25	8	181.80	7.15
4	174.80	2.75	9	182.50	7.90
5	176.80	3.15			

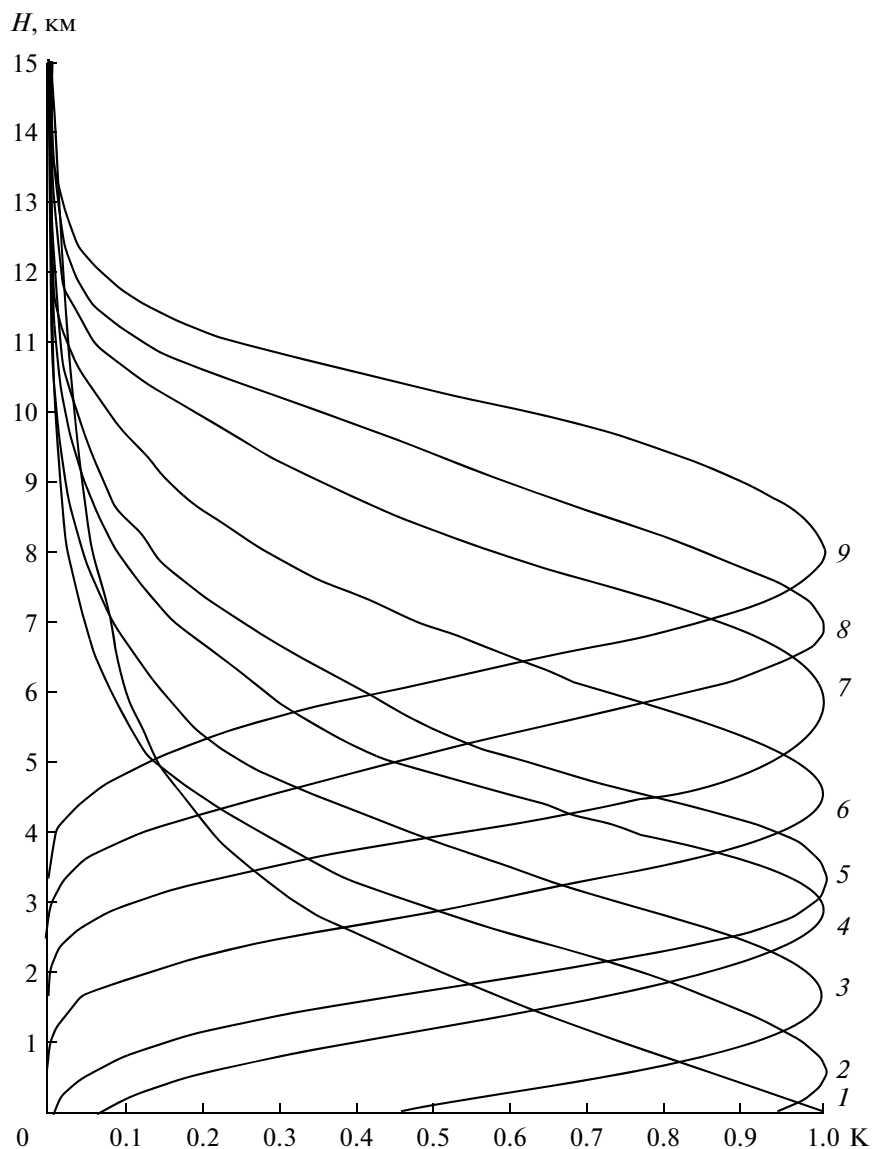


Рис. 9. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара, угол наблюдения 50.19° . Средние широты. Температура воздуха – 294 К, влажность – 14.0 г/м^3 , давление – 1013 мб, интегральная влажность – 2.94 г/см^2 . Описание кривых приведено в табл. 4.

чем для вертикально–поляризованного. Вместе с тем, мешающее влияние поверхности для горизонтально поляризованного излучения ниже. Это

в первую очередь связано с малой излучательной способностью (большим коэффициентом отражения) поверхности океана.

Таблица 4. Весовые функции для восходящего излучения атмосферного водяного пара (описание кривых на рис. 9)

Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км	Кривая	Частота, ГГц	Максимум, км
1	85.00	0.00	6	179.30	4.30
2	147.00	0.55	7	180.85	6.00
3	168.00	1.80	8	181.80	6.90
4	174.80	2.60	9	182.50	7.95
5	176.80	3.30			

Возможность восстановления детального профиля влажности по 8–10 уровням на высотах от 0 до 10 км в тропической атмосфере исследовалась для интегральной влажности 4.14–6.93 г/см² (стандартная атмосфера – атмосфера с максимальной влажностью). Для расчетов было выбрано среднее значение влажности для этих двух атмосфер: поверхностная влажность – 22.7 г/м³; интегральное содержание водяного пара – 5.53 г/см². Результаты расчетов весовых функций для радиотеплового излучения атмосферного водяного пара приведены на рис. 6–9 (табл. 1–4).

Расчет весовых функций показал, что проведение измерений в диапазоне 85–183 ГГц делает возможным восстановление профиля влажности по девяти уровням на высотах 0–10 км. Вместе с тем увеличение влажности приводит к смещению максимумов весовых функций в область больших высот, это смещение может достигать 0.95 км для частоты 147 ГГц. При уменьшении влажности атмосферы максимумы весовых функций смещаются на меньшие высоты, смещение здесь может составлять 1.85 км на частоте 176.8 ГГц. Разнесение спектральных каналов в линии 183 ГГц должно быть не менее 700 МГц, что позволяет использовать ширину полос приема порядка 500 МГц.

ВЫВОДЫ

Проведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы.

Для восстановления детальных высотных профилей водяного пара по 8–10 уровням до высот 10 км по радиометрическим измерениям со спутника целесообразно проводить измерения в линии резонанса водяного пара 183 ГГц.

Максимумы весовых функций восходящего радиотеплового излучения водяного пара в линии 183 ГГц разнесены по частоте не менее 700 МГц. Это позволяет использовать ширину спектральных полос приема порядка 500 МГц, что при современных радиометрических приемниках может обеспечить высокую чувствительность в спектральных каналах не более 0.5 К.

При современных антенных системах спутниковых радиометров элемент разрешения на частоте 183 ГГц в горизонтальной плоскости составляет порядка 10 км, что принципиально важно для детального изучения генезиса и эволюции тропических циклонов в трехмерном пространстве.

Основной вклад в яркостную температуру системы атмосфера–океан в окрестности линии 183 ГГц составляет восходящее излучение атмосферного водяного пара, что значительно снижает влияние

подстилающей поверхности на точность восстановления профилей влажности.

Проведенные расчеты показывают, что резонансная линия 183 ГГц позволяет получить детальные профили водяного пара в тропической атмосфере. Дальнейшие исследования целесообразности использования линии 183 ГГц для получения исчерпывающей информации о тропических циклонах следует провести с учетом влияния морской поверхности, температурных профилей атмосферы, облачности и осадков.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ (проекты № 08-05-00890, 09-05-01019, 11-05-00493).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башаринов А.Е., Гурвич А.С., Егоров С.Т.* Радиоизлучение Земли как планеты. М.: Наука, 1974.
- Жевакин С.А., Наумов А.П.* К расчету коэффициента поглощения в атмосферном кислороде // Радиотехника и электроника. 1965. Т. 10. № 6. С. 987–995.
- Жевакин С.А.* Полуэмпирическая теория поглощения радиоволн молекулярным кислородом атмосферы. Новые результаты // II Всесоюзная школа-симпозиум по распространению ММ и СМ волн в атмосфере. Фрунзе: Илим, 1986. 16 с.
- Зражевский А.Ю.* Методика расчета поглощения в атмосферных парах воды в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах // Радиотехника и электроника. 1976. Т. 21. № 5. С. 951–957.
- Кузьмин А.В., Поспелов М.Н., Ханин Ю.Б., Шарков Е.А.* Микроволновый сканирующий радиометр-поляриметр нового поколения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Т. 1. С. 238–243.
- Руткевич П.Б., Шарков Е.А.* Физический механизм генезиса вихревых возмущений в сжимаемой и насыщенной водяным паром атмосфере // Препринт Пр-2102. М.: ИКИ РАН, 2004. 11 с.
- Шарков Е.А.* Дистанционные исследования атмосферных катастроф // Исслед. Земли из космоса. 2010. № 1. С. 52–68.
- Clatchey R.A., Fenn R.W., Selby J.E.A. et al.* Optical properties of the atmosphere // AFCRL-72-0497. 1972. P. 108.
- Rutkevich P.B.* Convective and rotational instability in moist air // Physica A. 2002. V. 315. № 1–2. P. 215–221.
- Sharkov E.A.* Remote sensing of tropical regions. Chichester, N.Y., Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley and Sons/PRAXIS, 1998. 310 p.
- Sharkov E.A.* Passive microwave remote sensing of the Earth: physical foundations. Berlin, N.Y., London, Paris, Tokyo: Springer/PRAXIS, 2003. 612 p.
- Sharkov E.A.* Global tropical cyclogenesis. London, Berlin, N.Y., Paris, Singapore, Tokyo: Springer/PRAXIS, 2000. 370 p.
- Uspensky A.B., Scherbina G.I.* Derivation of precipitable water from Meteor and NOAA infrared window measurements // Adv. Space Res. 1996. V. 18. № 7. P. 17–20.

On Possibility of Moisture Profile Retrieval in Tropics through 183 GHz Line Measurement from Space

A. G. Semin¹, A. V. Kuzmin², Yu. B. Khapin², E. A. Sharkov²

¹*State Pedagogical University, Penza*

²*Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow*

Radiometric satellite data may be successful use for not only retrieval meteorology parameters but for direct characteristics determination of thermal and dynamic sea-atmosphere interaction. There are determining possibilities of water vapor detailed profile retrieval at atmosphere in this paper. It's really important to decide this problem for study physically problems of genesis and evolution tropical cyclones. This research deals with new approaches for method of water vapor detailed profile recovery (8–10 levels for 0–10 km height) including data of intensive resonant line of 183 GHz. For reduce undefined factors in temperature profile determination we decided to include line 118 GHz to Satellite radiometer.

Keywords: water vapor detailed profile retrieval at atmosphere, microwave radiometry, radio brightness temperature