

# **Моделирование микроволновых характеристик организованной мезомасштабной конвекции над океаном**

**М.Л. Митник, Л.М. Митник**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН  
690041 Владивосток, ул. Балтийская, 43  
E-mail: [maia@poi.dvo.ru](mailto:maia@poi.dvo.ru)*

Из анализа спутниковых видимых, инфракрасных (ИК), пассивных микроволновых и радиолокационных (РЛ) изображений следует, что мезомасштабные конвективные гряды и ячейки регулярно образуются над районами океана с неустойчивой стратификацией атмосферы. Для интерпретации данных зондирования, полученных в различных участках спектра с разным пространственным разрешением предложена модель, описывающая поля параметров океана и атмосферы в конвективных открытых и закрытых ячейках и в грядах. Модель включает в себя синоптическую, мезомасштабную и случайную компоненты. Модель использовалась для расчета полей яркостных температур  $T_{\text{я}}(v)$  и радиолокационного рассеяния  $\sigma^0$  на частотах  $v$  зондирования микроволнового радиометра AMSR-E (спутник Aqua) и PCA (спутник Envisat) с учетом инструментальных шумов. Расчетные поля  $T_{\text{я}}(v)$  и  $\sigma^0$ , полученные при вариациях гидрометеорологических параметров и геометрии зондирования, хорошо согласуются с данными спутниковых измерений.

**Ключевые слова:** спутниковая метеорология, спутниковая океанология, моделирование, мезомасштабные конвективные ячейки и гряды, перенос микроволнового излучения, Aqua AMSR-E, Envisat ASAR.

## **Введение**

На спутниковых видимых и инфракрасных (ИК) изображениях, полученных над различными районами Мирового океана, в поле облачности регулярно наблюдаются организованные структуры в виде мезомасштабных конвективных гряд, открытых и закрытых ячеек, покрывающих часто обширные пространства. Длина волны  $L$  (расстояние между соседними облачными грядами) и размер (диаметр) ячеек  $D$  меняются в широких пределах – от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров, что позволяет их регистрировать на видимых и инфракрасных (ИК) изображениях, полученных спектрорадиометром MODIS (спутники Terra и Aqua) и радиометром AVHRR (спутники серии NOAA). На изображениях облачности со спутников Landsat с разрешением в десятки метров видны структуры меньших размеров и детали более крупных структур.

На спутниковых изображениях океана, полученных РЛС с реальной апертурой (РЛС БО) с разрешением 1-3 км [1-3] и РЛС с синтезированной апертурой (PCA) с разрешением десятки – сотни метров [4, 5], были выявлены организованные структуры в поле волнения, коррелированные с полем облачности (рис. 1). Вариации удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР)  $\sigma^0$  (яркости радиолокационных (РЛ) изображений) определяются преимущественно изменчивостью приводного ветра  $W$ . Из корреляции полей облачности и  $W$  следует, что оптические и РЛ-сенсоры регистрируют различные характеристики организованной конвекции: видимые и ИК-изображения дают представление об условиях на верхней границе пограничного слоя атмосферы, а РЛ-изображения - на нижней.

Для характеристики всего конвективного слоя необходимо знать изменчивость паросодержания атмосферы  $V$  и водозапаса облаков  $Q$ , в широком диапазоне пространственно-временных масштабов, начиная с масштабов отдельных гряд и ячеек. Оценки  $V$  и  $Q$  в отдельных грядах и ячейках стали возможными по измерениям микроволновых радиометров AMSR-E (спутник Aqua) и AMSR (спутник ADEOS-II), запущенных в 2002 г. [6-8]. Разрешение антенн этих спутников заметно выше, чем у радиометра SSM/I (спутники DMSP), что позволяет регистрировать вариации яркостных температур

$T_{\text{я}}(v)$  на вертикальной (В) и горизонтальной (Г) поляризациях на частотах  $v = 89.0$  и  $36.5$ , обусловленные грядовой и ячейковой конвекцией, а также на  $23.8$  и  $18.7$  ГГц, несмотря на пространственное сглаживание, растущее с понижением частоты (рис. 2).

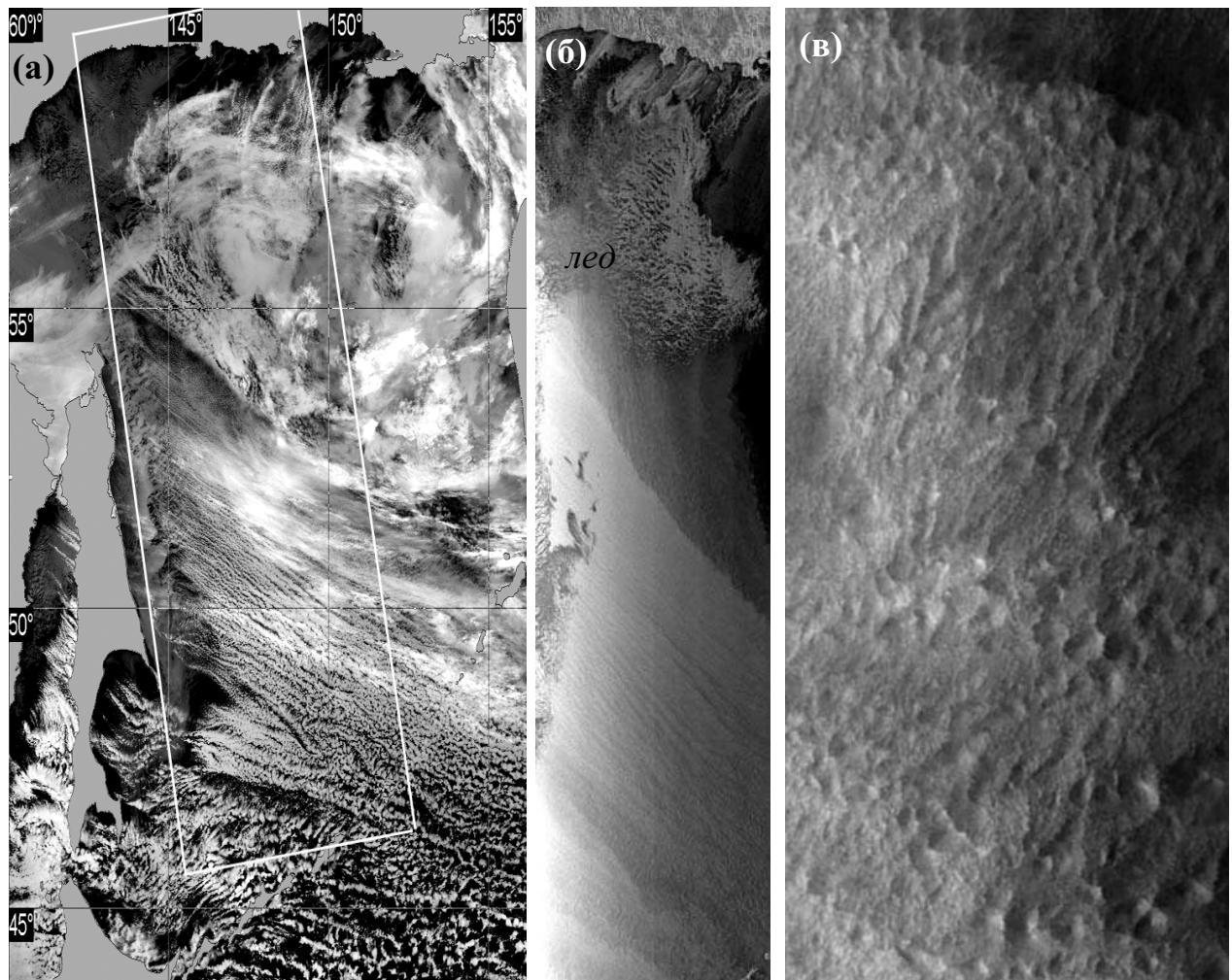
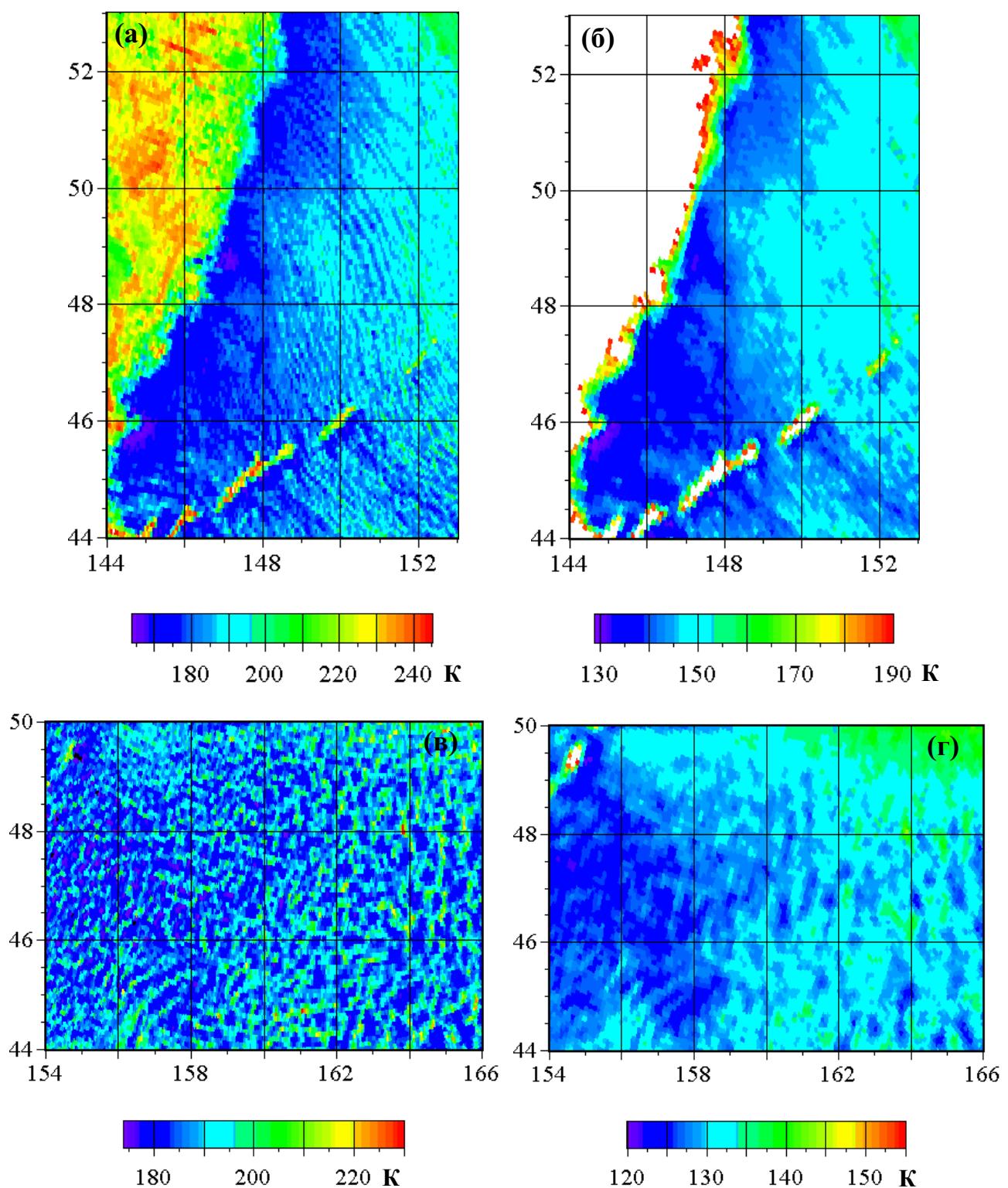


Рис. 1. Мезомасштабная грядовая и ячейковая конвекция в морском пограничном слое атмосферы: а) облачные гряды и ячейки на видимом изображении, полученном со спутника NOAA-17 в 11:39 Гр. 10 января 2007 г.; (б) изображение PCA со спутника Envisat, полученное на 7 мин позже (а). Белый прямоугольник на (а) – границы изображения PCA. Полосы переменной яркости, начинающиеся у кромки льда, обусловлены вариациями скорости приводного ветра (волнения) при грядовой конвекции. (в) Фрагмент изображения PCA со спутника Envisat, полученного 13 декабря 2008 г. в 11:51 Гр. над центральной частью Охотского моря. Ширина фрагмента примерно 200 км. Вариации яркости изображения обусловлены ячейковой конвекцией

Для интерпретации вариаций яркостных температур  $T_{\text{я}}(v)$ , измеренных микроволновыми радиометрами AMSR-E и AMSR (рис. 2), расчета яркостных температур системы атмосфера-океан в районах с организованной конвекцией и разработка алгоритмов оценки параметров  $V$ ,  $Q$  и  $W$  были развиты геофизические модели мезомасштабных гряд и ячеек [9]. Кроме того, для интерпретации организованных вариаций  $\sigma^0$  на изображениях океана, полученных PCA со спутников ERS-1/2 и Envisat (рис. 1), была модифицирована модель, разработанная ранее для РЛС БО спутника “Космос-1500” [1, 3], с помощью которой были выполнены расчеты УЭПР океана в 3-х см диапазоне длин волн при ячейковой конвекции в атмосфере.



*Рисунок 2. Вариации яркостных температур на горизонтальной поляризации, обусловленные мезомасштабными атмосферными конвективными грядами (а) и (б) и ячейками (в) и (г), по измерениям радиометра AMSR-E со спутника Aqua во время холодного вторжения: 26 января 2007 г. в 16:00 Гр. над Охотским морем на 89.0 ГГц (а) и на 23.8 ГГц (б) и 27 января в 16:00 Гр. над Тихим океаном на 89.0 ГГц (в) и на 36.5 ГГц (г).*

## Описание моделей

Основой радиофизических моделей, используемых для расчета яркостных температур на частотах радиометров AMSR-E и AMSR и УЭПР на частоте зондирования РСА служат геофизические модели, описывающие распределение тех параметров океана и атмосферы, вариации которых проявляются в вариациях УЭПР и  $T_y(v)$ . Если вариации УЭПР определяются только распределением скорости и направления ветра [10], то для вычисления  $T_y(v)$  должны быть также заданы паросодержание атмосферы и водозапас облаков. Из анализа результатов моделирования следует, что влияние на  $\sigma^0$  и  $T_y(v)$  возможных вариаций солености и температуры воды в пределах отдельных конвективных гряд и ячеек можно не учитывать. Также можно пренебречь влиянием на  $T_y(v)$  вариаций вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы.

В рассматриваемых ниже геофизических моделях учтены экспериментальные данные, полученные в холодный сезон над северо-западной частью Тихого океана радиометрами AMSR-E и AMSR и РСА со спутников ERS-1/2 и Envisat [5, 8, 11]. Модели включают в себя синоптическую, мезомасштабную и случайную компоненты.

Синоптическая компонента описывает поля ветра (скорость  $W_c$  и направление) и паросодержания атмосферы  $V_c$  в типичном синоптическом процессе, развивающемся над азиатскими окраинными морями при вторжении с континента и/или из Арктики и распространении над относительно теплой поверхностью воды холодной и сухой воздушной массы. В неустойчиво стратифицированном пограничном слое атмосферы при этом формируются конвективные гряды и ячейки. Значения  $W_c$  задавались в пределах от 5 до 20 м/с, а значения  $V_c$  - от 2 до 5 кг/м<sup>2</sup>.

Мезомасштабная компонента характеризует поля параметров ( $V$ ,  $Q$  и  $W$ ) отдельных гряд и ячеек. Гряды – это полосы кучевых облаков, разделенные безоблачным пространством. Гряды облаков являются индикаторами горизонтальных вихрей, сформировавшихся в пограничном слое атмосферы над океаном. При грядовой конвекции изменение скорости ветра в направлении, перпендикулярном оси вихрей, описывалось гармонической функцией. Амплитуда мезомасштабных вариаций ветра  $W_{\max}$  менялась от 1 до 5 м/с. Гармоническими функциями описывались и вариации паросодержания атмосферы – от минимального значения между грядами (фон), определяемого синоптическим полем  $V_c$ , до максимального в центрах гряд. Амплитуда мезомасштабных вариаций  $V_{\max} = 1-3$  кг/м<sup>2</sup> и возрастала вниз по потоку. В центрах гряд значения  $Q_{\max}$  менялись от 0.01 до 0.1-0.25 кг/м<sup>2</sup> и также росли вниз по потоку. Значения  $V_{\max}$  и  $Q_{\max}$  соответствуют спутниковым оценкам [5, 8, 9, 11] и результатам моделирования [8, 9, 11-13].

В открытых ячейках (кольцо кучевых облаков вокруг безоблачного центра) ветер направлен по радиусу от центра, а в закрытых ячейках (безоблачное кольцо вокруг закрытого облаками центра) – к центру [14]. Мезомасштабные составляющие скорости ветра  $W_m(r)$  и паросодержания атмосферы  $V_m(r)$  внутри ячейки зависят только от расстояния от центра ячейки  $r$ . В открытой ячейке значения  $W_m$  и  $V_m$  возрастают от 0 в центре до максимальных значений  $W_{\max}$  и  $V_{\max}$  на внутренней границе (или внутри) облачного кольца, а затем спадают до 0 на границе ячейки, а в закрытой ячейке  $W_m(r)$  и  $V_m(r)$  возрастают от 0 на границе ячейки до максимального значения на некотором расстоянии от центра, а затем спадают до 0 в центре. Амплитуда мезомасштабной изменчивости задавалась в пределах 1-3 м/с для скорости ветра и в пределах 1-3 кг/м<sup>2</sup> для паросодержания атмосферы.

Ширина облачного кольца открытой ячейки и ширина безоблачного кольца закрытой ячейки менялись от 0.2 до 0.4D, а максимальное значение водозапаса – от 0.05 до 0.25 кг/м<sup>2</sup>. Изменение водозапаса в зависимости от радиуса  $Q_m(r)$  описывалось или прямоугольной, или трапециoidalной функцией. В осесимметричных моделях влияние ветра на поля паросодержания атмосферы и водозапаса облаков не учитывалось, а в осенесимметричных моделях амплитуды  $V_{\max}$  и  $Q_{\max}$  на подветренной стороне ячейки задавались на 10-30% больше, чем на наветренной. (Такое различие наблюдается на видимых изображениях ячеек [15] и в полях  $T_y$  по данным измерений со спутника Aqua).

Флуктуации паросодержания атмосферы, водозапаса облаков и скорости ветра учитывались в модели введением случайной компоненты, распределенной по нормальному закону. Среднеквадратичные флуктуации параметров  $V$ ,  $Q$  и  $W$  задавались различными в направлении ветра и по нормали к нему.

Для каждого варианта распределения геофизических параметров значения  $T_{\text{я}}(v)$  и  $\sigma^0$  были рассчитаны для 44000 точек, распределенных на площадке размером 2.1 x 2.1. Ячейка в форме круга с радиусом 1 располагалась в центре площадки (координаты  $x = 0$  и  $y = 0$ ). Координаты точек  $x$  и  $y$  выбирались последовательно генератором случайных чисел из массивов равномерно распределенных значений  $x, y \leq |1.05|$ . Для каждой точки  $(x,y)$  внутри ячейки по принятой геофизической модели находились значения  $W_m(x,y)$ ,  $V_m(x,y)$  и  $Q_m(x,y)$ , на которые набрасывались соответствующие им флуктуации  $\sigma_W(x,y)$ ,  $\sigma_V(x,y)$  и  $\sigma_Q(x,y)$ , распределенные по нормальному закону. Результатирующие значения  $V_p(x,y)$ ,  $Q_p(x,y)$  и  $W_p(x,y)$  определялись путем векторного сложения синоптической, мезомасштабной и флуктуационной компонент. Для точек за границей ячейки брались значения, соответствующие синоптической компоненте.

## Радиофизические модели

Моделирование спутниковых измерений над океаном было выполнено с использованием программы численного интегрирования уравнения переноса микроволнового излучения, позволяющей рассчитывать яркостные температуры  $T_{\text{я}}^{B,G}(v,\theta)$  системы подстилающая поверхность-атмосфера на вертикальной (в) и горизонтальной (г) поляризациях на заданных частотах  $v$  [7, 8, 11]. Расчеты выполнялись по соотношению:

$$T_{\text{я}}^{B,G}(v,\theta,t_o,W) = \kappa^{B,G}(v,\theta,t_o,W) T_o e^{-\tau(v)\sec\theta} + T_{\text{яатм}}^{\uparrow}(v,\theta) + T_{\text{яатм}}^{\downarrow}(v,\theta) \times [1 - \kappa^{B,G}(v,\theta,t_o,W)] e^{-\tau(v)\sec\theta} + + T_k [1 - \kappa^{B,G}(v,\theta,t_o,W)] e^{-2\tau(v)\sec\theta},$$

где  $\theta$  - угол падения,  $T_o = t_o + 273.16$  – термодинамическая температура поверхности океана,  $t_o$  – температура в градусах Цельсия,  $\kappa^{B,G}$  - коэффициент излучения океана,  $T_{\text{яатм}}^{\uparrow}$  и  $T_{\text{яатм}}^{\downarrow}$  – яркостные температуры восходящего и нисходящего излучения атмосферы, соответственно,  $\tau(v) = \tau_k(v) + \tau_{\text{вп}}(v) + \tau_{\text{обл}}(v)$  – полное поглощение в атмосфере, складывающееся из поглощений в кислороде, водяном паре и облачности (рассматривались ситуации без осадков),  $T_k = 2.7$  К – яркостная температура космического реликтового излучения.

Детали расчета  $\kappa^{B,G}(v,\theta,t_o,W)$ ,  $T_{\text{яатм}}^{\uparrow}$  и  $T_{\text{яатм}}^{\downarrow}$  и  $\tau(v)$  изложены в [7]. На расчетные значения  $T_{\text{я}}^{B,G}(v,\theta,t_o,W)$  набрасывались флуктуации, распределенные поциальному закону со среднеквадратичным отклонением, определяемым шумами радиометра.

Отпечатки ячеек в поле УЭПР были найдены по модели CMOD4, описывающей изменения рассеяния в зависимости от скорости и направления ветра и угла визирования [10]. В качестве входных данных были использованы те же распределения ветра  $W_p(x,y)$ , что и при расчете  $T_{\text{я}}^{B,G}(v,\theta,t_o,W)$ . Влиянием  $V$  и  $Q$  на  $\sigma^0$  - в отличие от пассивных микроволновых измерений - можно пренебречь. Цель расчетов состояла в получении распределений  $\sigma^0(x,y)$  для последующего совместного анализа активных и пассивных сигнатур ячеек и в оценке их соответствия близким по времени экспериментальным полям УЭПР по изображениям ASAR (спутник Envisat) и  $T_{\text{я}}^{B,G}(v)$  по данным AMSR-E (спутник Aqua). Сформированные поля параметров  $V$ ,  $Q$  и  $W$  и соответствующие им расчетные поля яркостных температур на различных частотах и поляризациях  $T_{\text{я}}^{B,G}(v)$  могут служить основой для разработки алгоритма решения обратной задачи: восстановления параметров  $V$ ,  $Q$  и  $W$  в отдельных грядах и ячейках с учетом эффектов антенного сглаживания.

## Результаты

Яркостные температуры конвективных открытых и закрытых ячеек были найдены на частотах радиометров AMSR и AMSR-E на вертикальной и горизонтальной поляризациях при различных сочетаниях синоптической, мезомасштабной и случайной компонент в осесимметричных и осенесимметричных моделях.

На рис. 3 а,б,в приведены распределения приводного ветра, паросодержания атмосферы и водозапаса облаков в осенесимметричной открытой ячейке, которая находится в синоптическом потоке, направленном вдоль оси  $x$ . Скорость ветра в потоке  $W_c = 5$  м/с, а паросодержание атмосферы  $V_c = 3$  кг/м<sup>2</sup>. Ширина облачного кольца ячейки равна 0.2  $D$ , а максимальное значение водозапаса составляет  $Q_{\text{макс}} = 0.2$  кг/м<sup>2</sup>. Из рис. 3 г,е,ж,з видно, что яркостные температуры ячейки на частотах  $v = 23.8, 36.5$  и  $89.0$  ГГц на горизонтальной поляризации  $T_{\text{я}}^g$  заметно превышают фоновые значения. Величина яркостного контраста ячейка-фон на г-поляризации (рис. 3е)

больше, чем на вертикальной (рис. 3ж) из-за различия коэффициентов излучения поверхности океана. Контраст максимальен на  $v = 89.0$  ГГц, что обусловлено увеличением с частотой производных  $T_g^r$  по скорости ветра, по паросодержанию атмосферы и по водозапасу облаков. Так, на  $v = 36.5$  ГГц контрасты  $T_g^r$  почти в два раза меньше, чем на 89.0 ГГц.

Из анализа измерений AMSR-E над районами океана, где наблюдались открытые ячейки, следует, что различие еще выше, что объясняется влиянием на величину контраста пространственного сглаживания: если на 89.0 ГГц размер элемента разрешения AMSR-E на поверхности равен  $4 \times 6$  км, то на 36.5 км он составляет  $10 \times 14$  км [6]. Именно из-за сглаживания в полях  $T_g^r(23.8)$  и  $T_g^r(18.7)$  различимы только самые крупные ячейки, а на  $v = 10.7$  и 6.9 ГГц они вообще не видны, хотя, как следует из расчетов, приращения  $T_g^r$  ячейки относительно фона на 10.7 ГГц на Г-поляризации могут достигать 2-5 К. Результаты расчета поля УЭПР ячеек для различных распределений приводного ветра при изменении угла между вектором ветра и плоскостью радиолокационного зондирования и угла падения подтверждают ранее полученные выводы [1, 3, 5]. Поэтому на рис. 3д приведено только одно распределение УЭПР, соответствующее полю ветра на рис. 3а. Вектор синоптического ветра и направление радиолокационного зондирования показаны синей и красной стрелкой, соответственно.

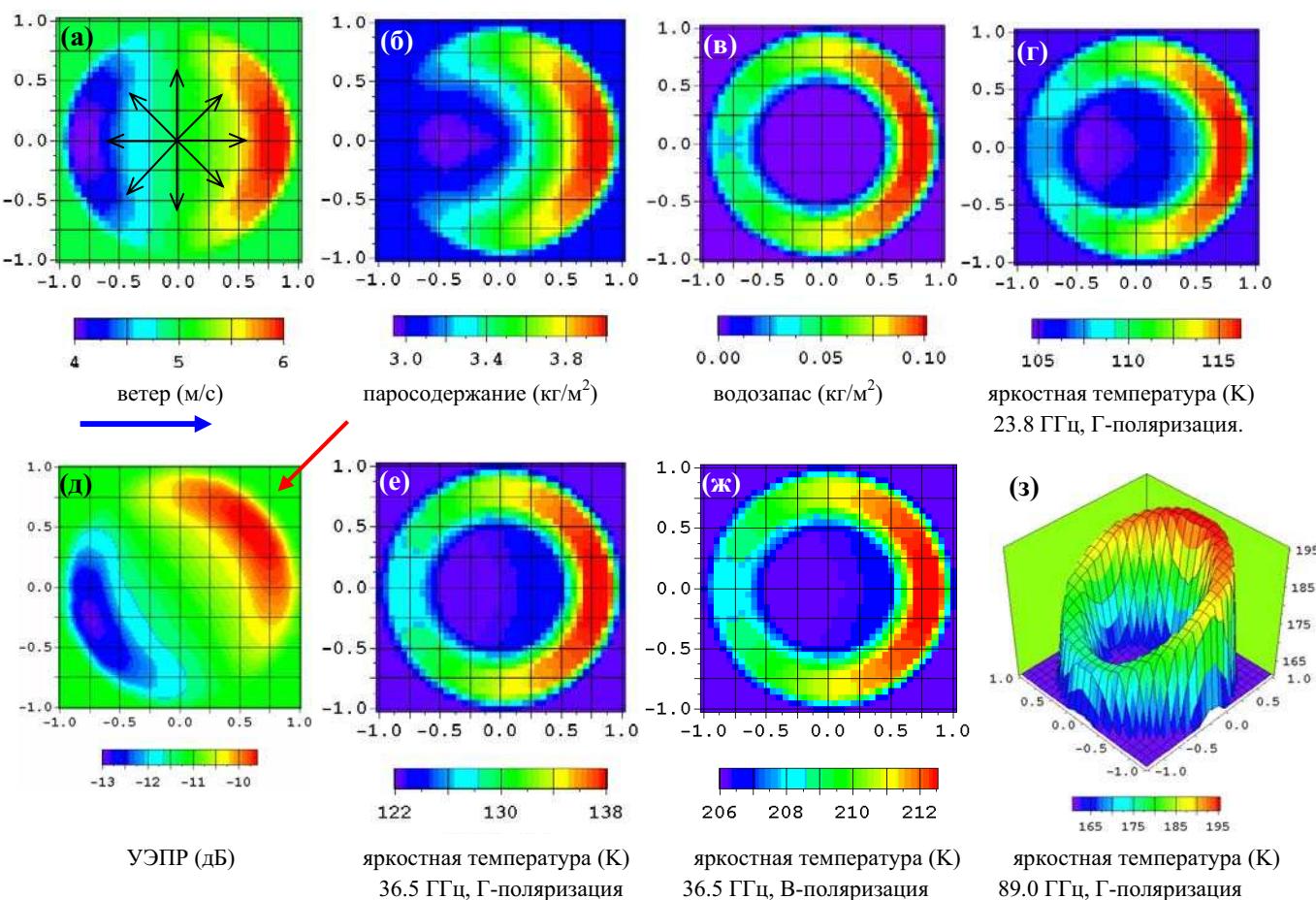


Рис. 3. Поля приводного ветра (а), паросодержания атмосферы (б) и водозапаса облаков (в) в открытой ячейке в безразмерных координатах и поля модельных яркостных температур на Г-поляризации на 23.8 ГГц (г), 36.5 ГГц (е) и 89.0 ГГц (з) и на В-поляризации на 36.5 ГГц (ж); температура поверхности моря  $t_o = 0^\circ\text{C}$ , направление синоптического ветра указано стрелкой. Поле УЭПР на частоте 5.6 ГГц (д), рассчитанное для поля ветра (а). Направление луча радиолокатора показано красной стрелкой

## Выводы

Предложенные модели распределения полей приводного ветра, паросодержания атмосферы и водозапаса облаков в открытых и закрытых конвективных ячейках, часто наблюдаемых в пограничном слое атмосферы над океаном, были использованы при расчетах яркостных температур и УЭПР. Результаты расчета позволяет оценить вклад в вариации  $T_{\text{яр}}(x,y)$  и  $\sigma_p^o(x,y)$  синоптической, мезомасштабной и флуктуационной компонент моделей при различной геометрии зондирования. Аналогичная трехкомпонентная модель была применена для расчета полей  $T_{\text{яр}}(x,y)$  и  $\sigma_p^o(x,y)$  при мезомасштабной грядовой конвекции над океаном. Расчеты для большого количества точек обеспечили получение образов ячеек и гряд в полях яркостных температур  $T_{\text{яр}}(x,y)$  и УЭПР  $\sigma_p^o(x,y)$  с высоким разрешением, что, в свою очередь, может служить основой для исследовать влияния на них пространственного сглаживания.

Расчетные поля яркостных температур ячеек на разных частотах на г- и в-поляризациях  $T_{\text{яр}}(v)$  и удельной эффективной площади рассеяния океана  $\sigma_p^o$  хорошо согласуются с экспериментальными полями  $T_{\text{яр}}(v)$ , измеренными микроволновыми радиометрами AMSR-E и AMSR, и с полями УЭПР  $\sigma_p^o$  по данным PCA, зондирующих океан со спутников ERS-1/2 и Envisat.

Модельные образы конвективных гряд и ячеек могут также служить основой для разработки алгоритмов оценки мезомасштабной изменчивости интегральных параметров атмосферы  $V$  и  $Q$  и скорости приводного ветра  $W$  в отдельных грядах и ячейках по данным дистанционного радиофизического зондирования районов океана, над которыми наблюдается организованная конвекция.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта 08-05-99109-р\_офи и соглашения между Японским аэрокосмическим исследовательским агентством JAXA и ТОИ ДВО РАН (проект 111).

## Литература

1. Радиолокация поверхности Земли из космоса / Под ред. Л.М. Митника и С.В. Викторова. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 200 с.
2. Калмыков А.И., Назиров М., Никитин П.А., Спиридонов Ю.Г. Об упорядоченных мезомасштабных структурах на поверхности океана по данным радиолокационных съемок из космоса // Исслед. Земли из космоса. 1985. № 3. С. 41-47.
3. Mitnik L.M. Mesoscale coherent structures in the surface wind field during cold air outbreaks over the Far Eastern seas from the satellite side looking radar // La mer. 1992. Vol. 30. № 3. P. 287-296.
4. Sicora T.D., Young G.S., Beal R.C., Edison J.B. Use of spaceborne synthetic aperture radar imagery of the sea surface in detecting the presence and structure of the convective marine atmospheric boundary layer // Monthly Weather Rev. 1995. Vol. 123. № 12. P. 3623–3632.
5. Митник Л.М, Дубина В.А., Митник М.Л. Использование спутниковых РЛС с реальной и синтезированной апертурой для картирования поля ветра в прибрежных районах // Исслед. Земли из космоса. 2003. № 2. С. 47-58.
6. Kawanishi T., Sezai T., Ito Y. et al. The Advanced Microwave Scanning Radiometer for the Earth Observing System (AMSR-E), NASDA's contribution to the EOS for global energy and water cycle studies // IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens. 2003. Vol. 41. № 2. P. 184–194.
7. Митник М.Л., Митник Л.М. Восстановление паросодержания атмосферы и водозапаса облаков над океаном по данным микроволнового зондирования со спутников DMSP, TRMM, AQUA и ADEOS-II // Исслед. Земли из космоса. 2006. № 4. С. 34-41.
8. Mitnik L.M., Mitnik M.L., Zabolotskikh E.V. Microwave sensing of the atmosphere-ocean system with ADEOS-II AMSR and Aqua AMSR-E // J. Remote Sensing Society of Japan. 2009. Vol. 29. № 1. P. 156-165.
9. Mitnik L.M., Mitnik M.L. Microwave characteristics of organized mesoscale convection over the ocean // Proc. 10th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment. Microrad08. Florence, Italy, 11-14 March 2008. IEEE Catalog Number CFP0892D (softbound) CFP0892D-CDR (CD ROM).
10. Stoffelen A., Anderson D. Scatterometer data interpretation: Estimation and validation of the transfer function CMOD4 // J. Geophys. Res. 1997. Vol. 102. № C3. P. 5767–5780.
11. Митник Л.М., Митник М.Л., Дубина В.А. Дистанционное радиофизическое зондирование системы океан-атмосфера / Колл. авторов “Дальневосточные моря России”. В 4 кн. / Гл. ред. В.А.

Акуличев. Книга 4. Физические методы исследования / отв. ред. Г.И. Долгих. М: Наука, 2007. С. 449-537.

12. Liu A.Q., Moore G.W.K. Tsuboki K., Renfrew I.A. A high-resolution simulation of convective roll clouds during a cold-air outbreak // Geophysical Research Letters. 2004. Vol. 31. L03101, doi: 10.1029/2003GL018530.

13. Liu A.Q., Moore G.W.K. Tsuboki K., Renfrew I.A. The effect of the sea ice zone on the development of boundary-layer roll clouds during cold air outbreaks // Boundary-Layer Meteorology. 2006. Vol. 118. P. 557–581.

14. Agee E.M. Mesoscale cellular convection over the oceans // Dyn. Atmos. Oceans. 1987. Vol. 10. P. 317–341.

15. Young G.S., Sikora T.D., Fisher C.M. Use of MODIS and synthetic aperture radar wind speed imagery to describe the morphology of open cell convection // Canadian J. Remote Sensing. 2007. Vol. 33. N 5. P. 357-367.

## **Modeling of microwave characteristics of organized mesoscale convection over the ocean**

**M.L. Mitnik, L.M. Mitnik**

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences  
Vladivostok, 690041, Russian Federation  
E-mail: [maia@poi.dvo.ru](mailto:maia@poi.dvo.ru)*

Mesoscale convective rolls and cells are frequently formed in the unstably stratified atmosphere over the ocean as follows from analysis of satellite visible, infrared, passive microwave and radar images. To interpret sensing data taken in different spectral ranges, models describing fields of oceanic and atmospheric parameters in convective open and closed cells and rolls were suggested. Models include synoptic-scale, mesoscale and random components. Models were used for calculation of fields of the brightness temperatures  $T_B(v)$  and radar backscattering  $\sigma^o$  at frequencies  $v$  of Aqua AMSR-E and Envisat ASAR with taking into account instrument noises.  $T_s(v)$  and  $\sigma^o$  fields computed at variations of hydrometeorological parameters and sensing geometry are in good agreement with satellite measurements.

**Keywords:** satellite meteorology, satellite oceanology, modeling, mesoscale convective cells and rolls, microwave radiative transfer, Aqua AMSR-E, Envisat ASAR.