

# **Анализ статистики соответствия между результатами автоматизированного распознавания осадков и гроз по информации с геостационарных спутников и наземными данными об этих явлениях**

**М.В. Бухаров, Н.С. Миронова, Е.А. Сизенова**

*ГУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»  
123242, Москва, Б. Предтеченский пер., 7  
E-mail: [bukharov@planet.iitp.ru](mailto:bukharov@planet.iitp.ru)*

Рассмотрена специфика метеорологической информации об осадках и грозах, автоматизировано распознаваемых по измерениям с геостационарных спутников, и ее отличие от аналогичной информации, регистрируемой при наземных измерениях. Проведен сравнительный анализ и рассчитаны принятые в метеорологии статистические характеристики соответствия между спутниковыми картами осадков и гроз, и наземными данными. Установлено удовлетворительное качество распознавания осадков и гроз по информации с геостационарных спутников. Отмечено, что статистические оценки правильности спутникового распознавания гроз сопоставимы с аналогичными оценками их распознавания по информации наземных метеорологических радиолокаторов на дальности до 200 км.

## **Введение**

Качество автоматизированного распознавания и точность оценки параметров метеорологических явлений по спутниковой информации непосредственно влияют на возможность их практического использования. Поэтому новые методы распознавания осадков и гроз по информации с геостационарных спутников, разработанные в последние годы [1], требуют проведения проверки их соответствия разным видам прямых наземных наблюдений.

Метеорологические явления в облачности, дешифрируемые по спутниковой информации, по своей физической интерпретации ближе к аналогичной информации, получаемой с помощью метеорологических радиолокаторов (МРЛ) [2], и отличаются от представлений, используемых при наземных метеорологических измерениях. Так, например, используемое на спутниковых картах обозначение «осадки» дает представление об их максимальной интенсивности, которая может наблюдаться в пределах площади используемого элемента представления спутниковой информации, «ливень» соответствует негрозоопасному конвективному облаку и негрозовому ливню. Термин «гроза» соответствует одновременно грозоопасному облаку и ливневому дождю с грозой. Обозначение «град» относится не только к грозовому облаку с градом, но и к градоопасному облаку, «шквал» диагностируется в тех случаях, когда резкое усиление ветра под кучево-дождевым облаком может достигать поверхности земли или проходит на некоторой высоте от нее.

Учитывая, что выше перечисленные, а также и имеющиеся другие различия между результатами дешифровки спутниковой информации и наземными измерениями, могут повлиять на результаты верификации, рассмотрим более подробно специфику этих двух видов метеорологической информации.

## **Специфика сравниваемых видов метеорологической информации**

### *Специфика спутниковой метеорологической информации*

Спутниковые измерения уходящего теплового излучения Земли без пропуска покрывают любую интересующую территорию независимо от рельефа места, типа поверхности (суша или вода) и государственных границ. Распознавание метеорологических явлений, связанных с облачностью, осуществляется на основе совместного учета рассчитываемых значений радиационной температуры на верхней границы облаков и специально подготовленных синхронных прогностических

данных о вертикальном профиле температуры и влажности воздуха в атмосфере [1]. Поэтому правильность распознавания метеорологических явлений и оценки их параметров зависит от точности не только спутниковых измерений радиационной температуры теплового излучения облачности, но и используемой прогностической информации.

При вычислениях метеорологических параметров и построении карт для территории России вплоть до  $74^\circ$  с.ш., используется нормализованное пространственное разрешение спутниковой информации, равное  $0.1^\circ$  географической широты и долготы, что примерно соответствует прямоугольной ячейке со сторонами 11 и 7 км. Такое пространственное разрешение спутниковых карт примерно соответствует разрешающей способности измерительной аппаратуры геостационарных спутников при наблюдении в умеренных широтах.

Регистрируемое со спутников тепловое излучение ИК-диапазона формируется в самом верхнем слое облачности, включая тонкую перистую. Под ней, в ряде случаев, могут располагаться и более мощные слоистые и кучево-дождевые облака с метеорологическими явлениями. Поэтому, сначала по спутниковой информации распознается наличие облачности. После этого в пределах выявленной облачности проводится дополнительное распознавание районов, где пространственная изменчивость радиационной температуры, термодинамическая температура и влажность воздуха в атмосфере оказываются типичными для кучево-дождевых облаков. Рассчитываются максимально возможные значения высоты облачности и метеорологические явления, с ней связанные, которые наносятся на карту в виде соответствующей цветовой палитры. Причем, наноска цвета явления в пределах каждого пикселя карты осуществляется последовательно от менее интенсивных метеоявлений к более интенсивным (облако, осадки, ливень, гроза, град, шквал). В результате каждый пиксель карты отображает только одно наиболее интенсивное явление, а все предшествующие обозначения (менее интенсивных явлений) полностью маскируются при визуализации.

Следует отметить, что по спутниковым измерениям радиационной температуры на верхней границе облачности, интенсивность осадков оценивается с некоторым опережением по времени и смещением в пространстве относительно синхронно регистрируемых осадков у земли. Причем, опережение по времени зависит от высоты слоя генерации осадков в облаке и скорости их падения, а смещение в пространстве дополнительно зависит от скорости переноса слоя атмосферы с осадками. Поэтому сопоставление оценок интенсивности осадков по спутниковым измерениям и при их локальной синхронной наземной регистрации в конкретном месте пикселя спутниковой карты оказывается не всегда корректным.

### *Специфика наземной метеорологической информации*

При проведении оперативного круглосуточного оценочного сравнения, результаты которого предназначены в первую очередь для последующего совершенствования методик автоматизированного дешифрирования спутниковой информации, использованы ежесуточные обзорные карты метеорологических явлений, зарегистрированных на территории России, и донесения с мест о наблюдавшихся опасных погодных явлениях.

Спецификой наземной метеорологической информации является локальность ее получения и не везде достаточно высокая пространственная плотность сети измерений. Вследствие этого на обзорных картах невозможно точно определить границы районов, в пределах которых наблюдались зарегистрированные атмосферные явления, а также время их возникновения и продолжительность. Это приводит к тому, что при сравнении требуется анализировать большое количество карт спутникового диагноза, которые ежесуточно выпускаются через каждые 15 минут по результатам дешифровки информации с Meteosat-9, а также через 30 и 180 минут для Meteosat-7 и MTSAT-1R соответственно.

Кроме того, наземные измерения осадков регистрируют факт их выпадения на поверхность земли. При пространственно-неоднородной структуре осадков, которая характерна для районов с

кучево-дождевой облачностью, локальные наземные измерения дают только частичное представление о поле фактических осадков. Причем, чем реже плотность сети наземных измерений, тем менее точное представление она дает о фактических атмосферных явлениях.

Учитывая отмеченную специфику наземных данных и метеорологических карт, полученных в результате автоматизированной дешифровки спутниковых измерений, перейдем к рассмотрению полученных результатов.

### Результаты сравнительного анализа

Сравнительный анализ проведен в теплый период с мая по август 2007 г. по метеорологическим картам, которые каждые 15, 30 и 180 минут выпускались в ГУ «НИЦ «Планета» с помощью действующего макета автоматизированной информационной системы (АИС) «Метео-ИСЗ» по результатам дешифровки информации с геостационарного спутника Meteosat-9, Meteosat-7 и MTSAT-1R соответственно.

Сравнение с ежесуточными картами погоды гидрометеорологического бюллетеня Гидрометцентра России, на которых представлен обзор метеорологических явлений в период с 6:00 предыдущих суток до 6:00 ВСВ текущих суток, проводилось следующим образом. На каждой карте погоды отмечались две группы метеостанций или районов, в которых соответственно отсутствовали и были зарегистрированы метеорологические явления в виде осадков и гроз. Причем, количество метеостанций или районов, где явления не были отмечены, выбиралось примерно в два раза большим, чем с зарегистрированными явлениями. Такое соотношение позволило несколько уменьшить погрешность вычисления статистических показателей в тех случаях, когда на сравниваемых картах было отмечено небольшое количество интересующих метеорологических явлений. После чего для каждой метеостанции или района определялись их географические координаты.

Последовательно анализировались все спутниковые карты метеорологических явлений, построенные за сравниваемый период времени, и проверялось соответствие каждой из них по осадкам и грозам тем явлениям, которые были зарегистрированы на карте погоды гидрометеорологического бюллетеня. Дополнительно проводилось сравнение с осадками и грозами, представленными для тех же районов в обзоре погоды бюллетеня. Результаты ежесуточного сравнения (в виде количества выявленных случаев совпадения и не совпадения) заносились в таблицу для последующего вычисления значений статистических показателей.

При оценке качества спутникового распознавания осадков и гроз использованы принятые в метеорологии статистические показатели оправдываемости прогнозов и предупрежденности распознавания наличия и отсутствия атмосферных явлений, а также Т-критерий Пирси-Обухова. Он дает представление о разности между относительным количеством правильно и не правильно распознанных случаев [3]. Расчет проводился для карт, охватывающих европейскую территорию России по измерениям со спутника Meteosat-9 и дополнительно для карт, охватывающих всю территорию России по измерениям с трех спутников.

Аналогичным образом проводилось сравнение и с данными о грозах, ливнях, граде и шквалах, зарегистрированных в журнале донесений об опасных явлениях погоды.

Среднемесячные значения статистических показателей, рассчитанные по результатам сравнения фактических данных гидрометеорологического бюллетеня с результатами автоматизированной дешифровки осадков и гроз по информации с геостационарного спутника Meteosat-9, представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Из данных, приведенных в таблицах 1 и 2, видно, что значения всех рассмотренных статистических показателей в разные месяцы несколько отличаются. При этом наиболее высокими значения оказались в июле и августе после того, как в конце июня были проведены работы по повышению точности автоматизированного дешифрирования.

В среднем за четыре месяца наиболее высокими оказались: общая оправдываемость распознавания гроз (95%), оправдываемость их наличия (99%) и предупрежденность об их отсутствии