

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ИК-СНИМКОВ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРИ СИНОПТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ

П. А. Ковриго, А. В. Семеник

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: Pavel_Kauryha@tut.by*

Показано значение спутниковой метеорологии как наиболее эффективного средства исследования атмосферы. Анализируются возможности телевизионных и инфракрасных спутниковых снимков в выявлении синоптических объектов: границы облачного покрова, формы облаков, атмосферных фронтов, воздушных масс и др. Рассматриваются методические принципы дешифрирования, обработки, систематизации спутниковых снимков инфракрасного излучения, их использование для прогноза опасных метеорологических явлений. Утверждается, что в отличие от снимков в видимом спектре, снимки в ИК-диапазоне более информативные. Они содержат больше информации синоптического назначения.

Ключевые слова: спутниковые снимки; опасные метеорологические явления; дешифрирование; облачный покров; прогноз погоды; инфракрасное излучение.

ASSESSMENT OF THE INFORMATIVITY OF SATELLITE IR IMAGES AND THEIR INTERPRETATION IN SYNOPTIC ANALYSIS AND FORECASTING HAZARDOUS WEATHER PHENOMENA

P. A. Kovrigo, A. V. Semenik

*Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: Pavel_Kauryha@tut.by*

The importance of satellite meteorology as the most effective means of studying the atmosphere is shown. The possibilities of television and infrared satellite images in identifying synoptic objects are analyzed: the boundaries of cloud cover, cloud forms, atmospheric fronts, air masses, etc. The methodological principles of interpretation, processing, systematization of satellite images of infrared radiation, their use for forecasting dangerous meteorological phenomena are considered. It is argued that, unlike images in the visible spectrum, images in the infrared range are more informative. They contain more synoptic destination information.

Keywords: satellite images; dangerous meteorological phenomena; interpretation; cloud cover; weather forecast; infrared radiation.

На протяжении периода становления и развития космических технологий сформировалась спутниковая метеорология. Это один из разделов

общей метеорологии, изучающий физическое состояние атмосферы и метеорологические процессы и явления с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ) – новое средство исследования атмосферы.

Телевизионная и инфракрасная аппаратура, установленная на ИСЗ, даёт возможность получать днём и ночью изображения Земли, которые позволяют изучать особенности структуры и распределения облачного покрова, а также определять температуру подстилающей поверхности и верхней границы облаков.

Спутниковая информация существенно дополняет данные наземных метеорологических наблюдений, проводимых на метеорологических, аэрологических и радиолокационных станциях. Распознавание облачных систем на спутниковых снимках в сочетании с наземными источниками информации способствует объективному анализу приземных и высотных синоптических карт и более точному определению синоптических объектов – носителей погоды.

В настоящее время международная сеть полярно-орбитальных и геостационарных искусственных спутников Земли позволяет круглосуточно наблюдать за облачным покровом и его динамикой. Разнообразные формы облаков имеют сложную вертикальную структуру, поэтому распознавание опасных атмосферных явлений на синоптических картах, представляет определенную трудность и оказывается в некоторых случаях невозможным без учета спутниковой информации.

Процесс дешифрирования спутниковых снимков занимает особое место в диагнозе и прогнозе облачных систем конвективного и фронтального происхождения, так как с ними связаны интенсивные ливневые осадки и паводки, град и грозы, шквалистые ветры, которые приносят значительный экономический ущерб.

Анализ и прогноз опасных метеорологических явлений – одна из основных задач составления прогноза погоды. Прогноз осадков тесно связан с прогнозом облачности. Изображение облачности, получаемое со спутников, отличается от наземных наблюдений тем, что даёт целостную картину ее распределения над обширной территорией, соизмеримой с основными синоптическими объектами.

Спутниковые снимки позволяют выявить по структурным особенностям облачности атмосферные возмущения различного масштаба и проследить эволюцию зон осадков в различных стадиях развития циклонов. Использование спутниковых изображений облачных систем синоптических объектов (фронтов, циклонов, ураганов, зон конвергенции и др.) стало незаменимым средством прогноза крупномасштабных атмосферных процессов [4, с. 99].

Основной целью представленного материала является дешифрирование, обработка, систематизация спутниковых снимков **инфракрасного излучения**, а также прогноз опасных метеорологических явлений за период с 2011 по 2022 гг. Источником первичной информации послужили данные государственного фонда Республиканского гидрометеоцентра (Беларусь), а также соответствующие интернет-ресурсы.

Спутниковые ИК-снимки служат источником информации для составления карт нефанализа. Карта нефанализа – это карта-схема распределения полей облачности. На ней отражены основные характеристики облачного покрова: границы облачных полей, количество облаков, их формы и структурные особенности. На этой карте выделяются фронтальные зоны, образование вихров, области интенсивного циклогенеза [4, с. 112].

Инфракрасное излучение называют «тепловым» излучением, так как это излучение от нагретых предметов воспринимается как ощущение тепла. Спектр инфракрасного излучения лежит в диапазоне длин волн от 3 до 1000 мкм. К этому диапазону длин волн принадлежит собственное излучение Земли и излучение атмосферных объектов.

В отличие от снимков в видимом спектре, снимки в ИК-диапазоне содержат больше информации синоптического назначения. Это объясняется тем, что поверхность Земли, а также облачные системы излучают энергию в инфракрасном диапазоне в соответствии со своей температурой. При помощи спутникового ИК-снимка появляется возможность определить температуру земных и атмосферных объектов. В результате на таком снимке возможно выделить типы земной поверхности (суша, вода и др.), на фоне которой хорошо распознаются формы облаков и их температура, т. е. фактически, спутниковый ИК-снимок – это температурная карта наблюдаемой территории.

Снимки ИК-спектра используются также для определения вектора ветра, построения карт подстилающей поверхности, ледового и снегового покрова и др. Кроме того, при анализе спутниковых снимков определяются вертикальные профили температуры и газового состава атмосферы, макро- и микрофизические свойства облачности. К макрофизическим свойствам относятся количество, высота верхней границы и оптическая мощность облачности, а к микрофизическим – фазовый состав, размер облачных частичек. Результаты выявленных кучево-дождевых облаков используются для определения зон с грозами и градом [3, с. 144].

На спутниковых снимках ИК-изображения атмосферные объекты отображаются в оттенках серого цвета. Темные оттенки на снимке (земля в течение дня, вода, низкие облака) соответствуют теплым областям, а светлые оттенки (облака высокого уровня, земля в ночное время) соответствуют холодным областям.

Кучево-дождевые облака на снимках ИСЗ имеют куполообразную текстуру, большую яркость и размеры в поперечнике 10–40 км. Наличие кучево-дождевых облаков на снимке является индикатором для прогноза гроз, ливней и шквалистых ветров в пределах отображенной на снимке территории.

Каждый тип поверхности (облачного покрова, или подстилающей поверхности) на спутниковых снимках отличается определенной яркостью. Степень яркости зависит от температуры. В свою очередь, температурная яркость зависит от количества тепловой энергии, которую излучает данная поверхность. Интенсивность излучения, как известно, пропорционально температуре этой поверхности. Чем теплее поверхность, тем больше энергии она излучает и тем темнее она выглядит на инфракрасных снимках.

Интерпретация инфракрасных снимков по сравнению с интерпретацией телевизионных (дневных, в видимом спектре) имеет свои специфические особенности. Эти особенности обусловлены различными принципами получения этих двух типов снимков. Облачность на телевизионных снимках проявляется благодаря наличию яркостных контрастов между земной (водной) поверхностью и облаками. Яркостная контрастность между земной поверхностью и облаками обусловлена различной их отражательной способностью (альбедо) солнечной радиации в видимом спектре. Возможность же обнаружения облачности в инфракрасном спектре обусловлена энергетическими контрастами (яркостью), зависящими от температуры поверхности [1, с. 26].

Яркие белые оттенки характерны для больших значений альбедо, что соответствует высокой отражательной способности мощных кучевых и кучево-дождевых облаков. Серые оттенки обнаруживают малые значения альбедо, присущие тонким облакам верхнего яруса, которые просвечиваются. Темно-серые и черные оттенки свидетельствуют о незначительном отражении солнечной радиации, что характерно для водной поверхности (озер, рек, морей) и растительности [8, с. 9].

Анализ гроз разной интенсивности, сопровождавшихся ливнями, шквалами и градом, показал, что чем мощнее по вертикали конвективное облако, тем интенсивнее указанные явления. Причем значения максимальных высот верхней границы конвективных облаков, заключенные в диапазонах 6–7, 8–9, 10–11, 12–13 км и более соответствовали слабым, умеренным, сильным и очень сильным грозам, сопровождавшимся ливнями, крупным градом и шквалом разрушительной силы.

До последнего времени правильность диагноза гроз по спутниковой информации определяли путем сравнения с данными фактических наблюдений на наземной метеорологической сети, которые проводятся в течение 10 мин перед стандартными синоптическими сроками. Для гроз, удаленных

от станций на расстояние до 20 км, что соответствует их прямой видимости наблюдателем, такое сравнение, проведенное в разные месяцы теплого периода года, показало удовлетворительные результаты. Однако сопоставление спутниковых и наземных данных можно осуществить раз в 3 часа, что не позволяет проверять точность определения местоположения каждой из диагностированных по спутниковым наблюдениям гроз [3, с. 85].

Один из методов прогноза гроз основан на использовании физико-статистических зависимостей, которые наблюдаются между метеорологическими величинами, регистрируемыми в периоды грозовой активности. При грозе обычно выпадают ливневые осадки, иногда бывает град, часто наблюдаются шквалы.

Для успешного распознавания гроз по информации геостационарных спутников необходимо не только знание регистрируемое значение температуры на верхней границе облаков и ее пространственную изменчивость, но и проводить оценки значений верхней границы облачности, средней интенсивности осадков, а также использовать ряд метеорологических параметров атмосферы в момент спутниковой съемки.

Приведём пример и проанализируем спутниковый снимок, полученный в инфракрасном диапазоне (рис. 1), сравним его с картой абсолютной топографии АТ-850 и приземной синоптической картой (рис. 2, 3).

15 марта 2013 года территория Беларуси располагалась в пределах активного южного циклона (рис. 1). В течение дня циклон, продолжая углубляться над Украиной, смещался в северо-восточном направлении, и приблизился к южной границе Беларуси. По данным карты абсолютной топографии АТ-850 в 12 UTC (рис. 2), циклон прослеживался над северо-западом Украины. Территория республики находилась в зоне активных атмосферных фронтов и больших температурных контрастов: от +3 °С по юго-востоку до –9 °С по северо-западу.

На спутниковом снимке ИК излучения (рис. 1) видно, что в 12 UTC циклон достиг стадии максимального развития. Большая часть территории Беларуси была закрыта высоко-слоистыми, слоисто-дождевыми облаками, по юго-востоку страны просматривались кучево-дождевые облака, из которых на большей части территории прошли сильные осадки в основном в виде снега, по юго-востоку – дождь, переходящий в мокрый снег. В южных и центральных районах Беларуси отмечался очень сильный снег: на МС Житковичи выпало 22 мм; МС Пинск – 21 мм, МС Борисов – 20мм, МС Березино – 22 мм.

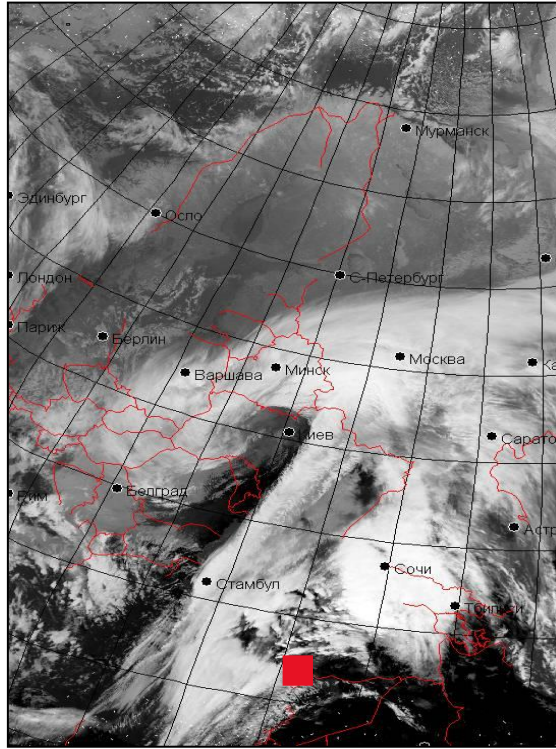


Рис. 1. Спутниковый снимок в ИК-диапазоне (12 UTC, 15.03.2013 г.)

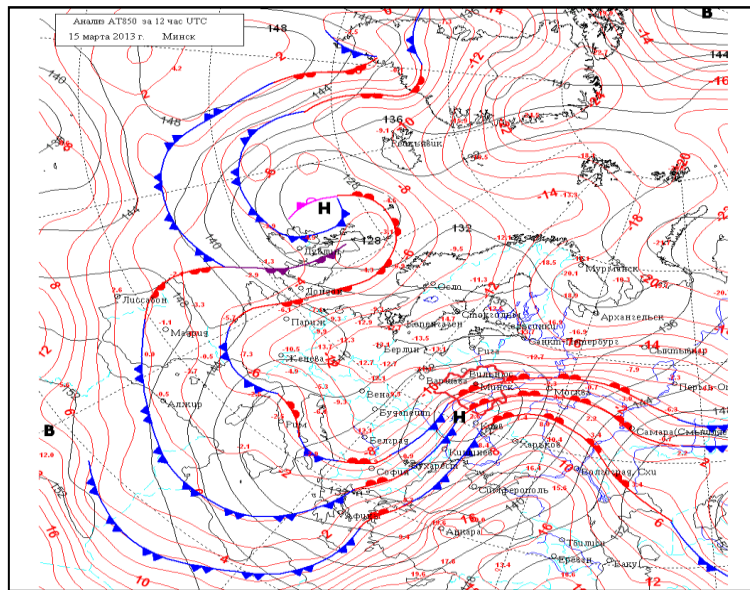


Рис. 2. Карта АТ-850 (12 UTC, 15.03.2013 г.)

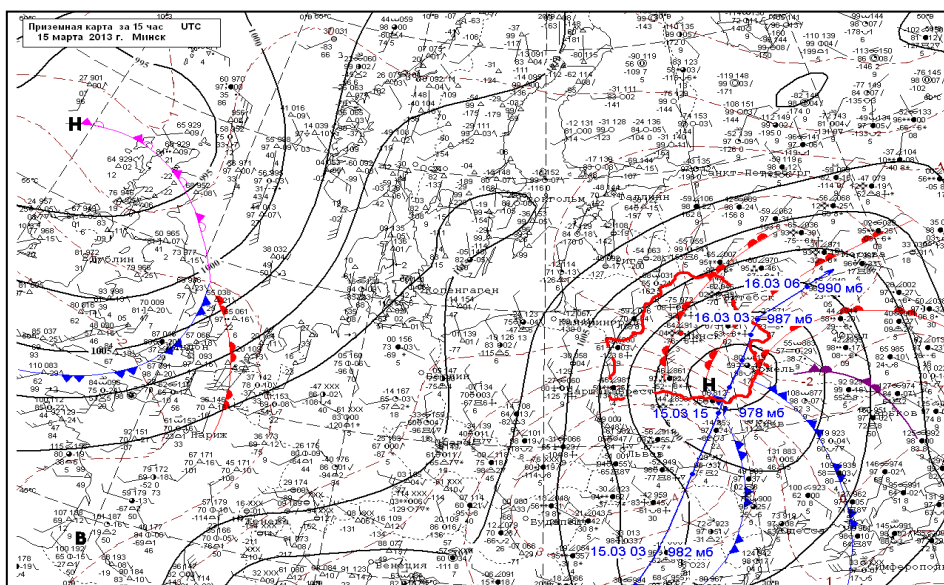


Рис. 3. Приземная синоптическая карта (15 ч UTC, 15.03.2013 г.)

Библиографические ссылки

1. Алексеева А.А. Распознавание конвективных стихийных явлений погоды на основе цифровой информации с ИСЗ с целью их краткосрочного прогноза //Тр. ГМЦ РФ. Вып. 335. Гидрометеорологич. прогнозы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. С 59 – 73.
2. Бухаров М.В., Алексеева А.А. Диагноз возможных ливней и града по измерениям уходящего теплового излучения Земли со спутника NOAA // Метеорология и гидрология, 2004. № 9. С. 21–30.
3. Каўрыга П.А., Мацюшэўская К.В. Метады дыстанцыйных даследаванняў у гідраметэаралогіі. Мінск, 2020. С. 163.
4. Ковриго П.А. Метеорология и климатология. Минск, 2022. С. 414.
5. Толмачева, Н.И. Космические методы исследований в метеорологии. Интерпретация спутниковых изображений: учеб. пособие. – Пермь, 2012.– 208 с.
6. Baer O. Visibilita: nebbia, ovvero l'insidiosa nuvola al suolo / O.Baer, A. Asch // Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.meteosvizzera.admin.ch/home/servizi-e-pubblicazioni/consulenza-e-servizi/meteorologia-per-l-aviazione/articolo-specialistico/visibilita.html>. – Дата доступа: 25.10.2022.
7. EUMETSAT.INT – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.eumetsat.int/what-we-do/monitoring> – Дата доступа: 07.10.2022 г
8. George C. Marshall Space Flight Center. Earth Science Branch – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://weather.msfc.nasa.gov/GOES/> – Дата доступа: 13.10.2022 г.
9. POGODA.BY – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pogoda.by/eumetsat> – Дата доступа: 15.10.2022 г.
10. V-kosmose [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://v-kosmose.com/fizica/vidimyiy-svet>. – Дата доступа: 20.10.2022.