

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОСТИ И ЗОН ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Е.Н. Сутырина

THE ESTIMATION OF PARAMETERS OF CLOUDINESS AND PRECIPITATIONS ZONES WITH SATELLITE REMOTE SENSING DATA

E.N. Sutyryna

Применение спутниковой информации в условиях разреженной сети метеорологических станций позволяет получить намного более полное представление о пространственно-временном распределении полей метеорологических элементов. Огромный объем данных, поступающих с полярно-орбитальных метеорологических спутников, делает актуальной задачу разработки региональных алгоритмов, обеспечивающих автоматическое распознавание атмосферных явлений в облачности и позволяющих давать количественную оценку их интенсивности.

Автором разработаны региональные алгоритмы тематической обработки данных AVHRR/NOAA, позволяющие определять значения некоторых метеорологических параметров на территории Иркутской области по яркостным характеристикам облачного покрова. К этим параметрам относятся температура и высота верхней границы облачности, вид облачности, положение зон осадков, количество осадков и т. д.

Under certain conditions of the rare network of weather-stations the application of satellite data allows us to acquire much more entire conception of spatio-temporal distribution of the fields of meteorological characters. Huge volume of data, received from polar-orbiting weather satellites, makes the task of the development of regional algorithms, supporting automated recognition of atmospheric phenomena of cloudiness and permitting its intensity quantification, actual.

Regional algorithms of thematic AVHRR/NOAA data processing, based on the use of brightness parameters of cloudiness and allowing us to estimate values of some meteorological characters over Irkutsk region, have been developed by author. Among these characters are temperature and altitude of the upper boundary of cloudiness, kinds of cloudiness, precipitations zones locations, rainfall, etc.

В условиях разреженной сети метеорологических станций при анализе пространственно-временного распределения полей метеорологических характеристик на обширной территории Иркутской области обоснованность применения данных дистанционного спутникового зондирования не вызывает сомнения.

Большая часть данных дистанционного спутникового зондирования поступает сразу в цифровом виде, что позволяет непосредственно применять для их обработки современные компьютерные технологии, при использовании которых становится возможным осуществлять усвоение и реализацию спутниковой информации с помощью автоматизированных систем обработки данных. Таким образом, одной из приоритетных задач при оперативном использовании спутниковой метеорологической информации является разработка региональных алгоритмов, обеспечивающих автоматическое распознавание атмосферных явлений в облачности и позволяющих давать количественную оценку их интенсивности.

В рамках данного исследования были использованы данные радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), отобранные из архива телеметрии Центра космического мониторинга Института солнечно-земной физики СО РАН. Радиометр AVHRR установлен на борту полярно-орбитальных метеорологических спутников серии NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Национальное управление океанов и атмосферы, США).

Радиометр AVHRR представляет собой типичный сканер и измеряет собственное и отраженное Землей излучение в пяти спектральных диапазонах:

0.58–0.68 мкм; 0.725–1.0 мкм; 3.55–3.93 мкм; 10.3–11.3 мкм; 11.4–12.4 мкм [Кашкин и др., 2001]. Линейный размер элемента разрешения на местности радиометра AVHRR составляет около 1.1 км в надире. Изображения со спутников передаются на Землю в реальном масштабе времени на частоте 1700 МГц в режиме HRPT (High Resolution Picture Transmission). Полученное изображение охватывает полосу земной поверхности шириной около 2700 км по трассе движения спутника, что позволяет охватывать всю территорию Иркутской области за один пролет.

Изображения со спутников NOAA передаются на Землю в реальном масштабе времени в диапазоне 1.7 ГГц в режиме HRPT (High Resolution Picture Transmission). Возможность свободного приема спутниковой информации наземными станциями обеспечивается Всемирной метеорологической организацией (ВМО) согласно концепции открытого неба.

В рамках настоящего исследования для обработки данных AVHRR использовались средства программного комплекса «Sputnik» [Егоров, 2004], разработанного Институтом космических исследований РАН. Выбор программного обеспечения во многом обусловлен тем, что большинство существующих программных комплексов, предназначенных для обработки спутниковой информации, в основном ориентировано на ее интерактивную обработку. В то же время в последние годы стали особенно актуальны задачи создания автоматизированных систем обработки спутниковых данных, и для их решения требуется специализированный программный инструментарий, к которому и относится программный комплекс «Sputnik».

Обработка в рамках данного исследования ведется на базе разработанной автором ранее автоматизированной системы, первоначально предназначенной для оперативного мониторинга оз. Байкал [Сутырина, 2008; Сутырина, 2009].

Для разработки региональных алгоритмов также использовалась информация с 22 метеорологических станций на территории Иркутской области (за исключением северных районов) за 2001–2008 гг.

Существует методы определения осадков по спутниковым косвенным измерениям, в том числе по измерениям в инфракрасном диапазоне [Воинова, 1996; Falkovich, 2000; Бухаров, 2004]. Преимущество инфракрасных данных при определении интенсивности осадков – небольшие временные интервалы между измерениями, большая площадь покрытия в сравнительно высоком разрешении. Метод определения количества осадков по яркостной температуре основан на существовании взаимосвязи между выпадением осадков с типом облаков. Из водяных капельных облаков выпадает малое количество осадков. Для формирования значительного количества осадков должна присутствовать кристаллическая фаза и переохлажденные капли. Температура на верхней границе облачности определяет вероятность появления твердой фазы в облаке. Следовательно, чем ниже температура верхней границы облака, тем больше осадков из облака может выпасть [Переведенцева, 1998].

Яркостная температура верхней границы облаков является критерием, который позволяет различать мощные облака, имеющие ледяную фазу, и тонкие более теплые облака, служит признаком наличия или отсутствия осадков и делает возможным определять их количество [Falkovich, 2000]. Ниже приведена схема сопоставления количества выпадающих осадков с яркостной температурой верхней границы облачности, принятая в рамках данного исследования.

Из архива метеорологической информации выбирались дни, когда на наземной метеорологической станции фиксировались осадки, далее по четвертому инфракрасному каналу AVHRR снимались данные о яркостной температуре на верхней границе облачности, из которой выпадали осадки, яркостная температура определялась минимум на трех снимках AVHRR за одну дату. Из всех значений яркостной температуры за сутки в районе данной станции выбиралось минимальное значение, которое сопоставлялось с суточным количеством осадков, которые наблюдались на станции. В результате определялись региональные зависимости между указанными характеристиками. Определение региональной зависимости производилось отдельно для каждого месяца с мая по сентябрь включительно. Региональные зависимости интенсивности осадков X от минимальной яркостной температуры за сутки T_{\min} имеют экспоненциальный вид:

$$X = X_0 \exp(a - T_{\min}), \quad (1)$$

где X_0 и a – набор региональных регрессионных коэффициентов, определявшийся для каждого месяца с мая по сентябрь в отдельности.

Среднеквадратическая ошибка определения ин-

тенсивности осадков по предложенной методике составила порядка 3.5 мм/сут, что в сравнении с мировым опытом аналогичных исследований является удовлетворительным, но не выдающимся результатом и свидетельствует о необходимости дополнительных исследований в этом направлении. Величина ошибки может объясняться сравнительно небольшим количеством анализируемых снимков за одну дату. Обработка большего числа снимков позволит на следующем этапе исследований избежать случаев, когда значительные осадки наблюдались в период между анализируемыми спутниковыми измерениями. Кроме этого возможно увеличение точности методики с учетом погрешностей измерения осадкомерами и введением поправок на потери на смачивание, испарение, конденсацию на поверхности осадкоборного сосуда.

Определение высоты верхней границы облачности H также основано на зависимости величины яркостной температуры T_4 , регистрируемой спутником, от высоты излучающей поверхности. При разработке региональных зависимостей для сопоставления со спутниковой информацией использовались данные вертикального зондирования атмосферы. Данные за каждый месяц анализировались отдельно. В результате получены региональные зависимости линейного вида

$$H = H_0 - b T_4, \quad (2)$$

где H_0 , b – набор региональных регрессионных коэффициентов, определявшийся в отдельности для каждого месяца в разное время года. Ошибка определения высоты верхней границы облачности указанным методом достигает порядка 1000 м, что находится в соответствии с ошибками подобных исследований, проведенных для других территорий.

В заключение можно отметить, что использованные в работе подходы к оценке метеорологических параметров на территории Иркутской области по данным AVHRR могут служить существенным дополнением к наземной метеорологической информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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.
- Воинова Е.В., Успенский А.Б. Обнаружение зон осадков в умеренных широтах по изображениям облачного покрова в видимом и инфракрасном диапазонах спектра с полярно-орбитальных ИСЗ // Метеорология и гидрология. 1996. № 10. С. 5–14.
- Егоров В.А., Ильин В.О., Лупян Е.А. и др. Возможности построения автоматизированных систем обработки спутниковых данных на основе программного комплекса XV_SAT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. М.: Полиграф сервис, 2004. С. 431–436.
- Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. М.: Логос, 2001. 264 с.

Переведенцева О.В. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды. Л.: Гидрометиздат, 1998. 39 с.

Сутырина Е.Н. Технология автоматизированного определения характеристик поверхностного слоя озера Байкал по данным радиометра AVHRR // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». Иркутск: ИГУ, 2008. Т. 1, № 1. С. 198–207.

Сутырина Е.Н. Компьютерные методы географической привязки спутниковых изображений оз. Байкал // Вестник ИрГТУ, 2009. № 1. С. 42–46.

Falkovich A., Lord S., Treadon R. A new methodology of rainfall retrievals from indirect measurements // Meteorol. Atmos. Phys. 2000. N 75. P. 217–232.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск