

МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Юрий Сергеевич Четырин, ведущий программист отдела разработки и внедрения НИОКР, Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета», аспирант Дальневосточного отделения Российской академии наук.

e-mail: yuriyChet@gmail.com

Алексей Николаевич Давиденко, метеоролог I категории отдела выходной продукции, Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета».

Аннотация

Использование информации о высотных профилях температуры и влажности атмосферы, получаемой с сети аэрологических станций Дальневосточного региона, не в полной мере соответствовало требованиям к анализу атмосферных процессов локального масштаба, составлению краткосрочных прогнозов погоды и построению численных прогностических и климатических моделей. В связи с этим в Дальневосточном центре была проведена работа по восстановлению вертикальных профилей температуры по данным космического зондирования Земли, опытная апробация и внедрение технологии в работу прогностических подразделений ФГБУ «Дальневосточное УГМС», что дало возможность расширить количество сроков построения фактических аэрологических профилей температуры, получать данные над водной поверхностью и повысить качество составления прогнозов динамики процессов локального масштаба.

Исследования по усвоению данных температурно-влажностного зондирования атмосферы (ТВЗА) в прогностических моделях NCEP (США), Метеослужб Великобритании и Канады, Европейского среднесрочного Прогноза Погоды говорят о том, что указанные данные могут значительно дополнить наблюдения наземной сети станций аэрологического зондирования, что особенно актуально для Дальневосточного региона. В связи с этим в

последние годы большое внимание уделяется совершенствованию методов ТВЗА, повышению достоверности и точности результатов атмосферного зондирования.

Дальневосточный регион имеет разреженную сеть метеорологических наблюдательных станций, при этом сеть аэрологических станций, способных давать информацию о высотных профилях температуры, влажности, геопотенциальных высотах стандартных изобарических поверхностей и параметров ветра на них, еще более ограничена. Вследствие большого удаления этих станций друг от друга, множество атмосферных процессов локального масштаба, характерных для Дальневосточного региона, связанного с его территориальным расположением, остаются без внимания, что сказывается на качестве составления краткосрочных прогнозов погоды, построения численных прогностических и климатических моделей. Поэтому от ФГБУ «Дальневосточное УГМС» поступил запрос о возможности предоставления дополнительных источников информации о параметрах вертикальных профилей атмосферы, особенно над водной поверхностью, как наименее освещённой результатами фактических наблюдений.

Таким образом, перед специалистами Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета» была поставлена задача обобщить опыт восстановления данных ТВЗА, провести адаптацию имеющихся методов для Дальневосточного региона и внедрить технологию восстановления вертикальных профилей параметров атмосферы в оперативный режим с представлением в виде полей метеорологических величин, удобных для обработки в прогностических моделях.

Несмотря на многолетний опыт работ в области получения данных ТВЗА из космоса, до сих пор нельзя утверждать, что с помощью спутникового метода удаётся определить данные ТВЗА с необходимыми характеристиками (точность, вертикальное и пространственное разрешение и т.д.) в оперативном режиме при всех состояниях атмосферы.

В связи с этим возникла необходимость провести анализ возможностей температурно-влажностного зондирования атмосферы с помощью аппаратуры, установленной на космических аппаратах, информацию с которых принимает Дальневосточный центр.

В ходе изучения существующих программ и подходов для восстановления вертикальных профилей в дальнейшую работу были взяты два комплекса инструментов зондирования атмосферы:

1. Advanced TIROS Operational Vertical Sounder (ATOVS) КА серии спутников «NOAA» и КА «Metop-B», имеющий в составе:
 - a. ИК зондировщик HIRS/4; зондировщик AMSU-A;
 - b. 5-канальный зондировщик AMSU-B;

с. 5-канальный зондировщик MHS; [1]

2. Cross-track Infrared Sounder (CrIS) КА «Suomi NPP», имеющий 1305 спектральных каналов и обеспечивающий зондирование в 3-х диапазонах волн. [2]

Обработка информации по данным ATOVS производилась с использованием программного продукта International ATOVS Processing Package (IAPP) [3], который был разработан для восстановления температуры атмосферы и влажности, определения общего содержания озона и других параметров, как в ясную погоду, так и в облачную. Процесс получения исходных данных и восстановления атмосферных параметров температуры и влажности состоит из 3 основных этапов: приём телеметрических данных, предварительная обработка данных, восстановление искомым параметров. [4]

Алгоритм восстановления данных в свою очередь разбивается на 3 этапа: определение наличия облачности, восстановление вертикальных профилей температуры и влажности в первом приближении регрессионным методом, расчёт вертикальных профилей нелинейным методом.

Обработка информации с прибора CrIS производилась с использованием программного продукта Community Satellite Processing Package (CSPP). [5]

В ходе проведённых работ была обработана имеющаяся информация за 2011, 2012 года и накоплен архив, содержащий 2788 восстановленных профилей спутниковых данных с КА серии «NOAA» и 538 профилей с КА «Suomi NPP».

Совместно со специалистами ОМО РВЦ ФГБУ «Дальневосточное УГМС» были проведены испытания метода восстановления полей температуры воздуха по данным спутникового зондирования с приборов ATOVS и CrIS на основных изобарических уровнях. Полученные погрешности в целом соответствуют требованиям к измерениям, сформулированным рабочими группами ВМО (Всемирной метеорологической организации) и близки к результатам валидации алгоритмов восстановления данных ТВЗА, разработанных ранее (2-4 градуса в пограничном слое, 1-2 градуса на уровнях 700гПа - 300гПа, и на верхних уровнях (200 гПа - 100 гПа) до 1 градуса). Некоторые полученные результаты представлены в таблице 1.

Опираясь на полученные результаты испытаний, были даны рекомендации об использовании данных, полученных при космическом зондировании атмосферы, в виде вспомогательного материала для оценки температуры.

Ряд испытаний по внедрению данных в работу синоптика показал, что в условиях оперативной работы усвоение измерений спутникового ТВЗА при составлении прогнозов погоды имеет определённые сложности. Это, прежде всего, длительный и трудоёмкий

процесс обработки, неудобство предоставления информации для визуальной оценки, сдвиг по времени относительно общепринятых сроков аэрологического зондирования.

Для первичной обработки рассчитанных данных была написана программа с использованием языка программирования IDL. Данный язык позволяет работать с такими форматами данных, как NetCDF (выходной формат для спутников серии «NOAA», «Metop-A», «Metop-B») и HDF5 (выходной формат для спутника «Suomi NPP»). В разработанной программе производится чтение данных, привязка, отсеивание некорректных значений, расчёт температуры, дефицита точки росы, высоты геопотенциала, направления и скорости ветра. Визуализация температуры на основных изобарических поверхностях ежедневно выкладываются на сайте Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета» за сроки 00, 06, 12 и 18 часов по UTC. Пример представлен на рис. 1.

В результате проведённых консультаций со специалистами ФГБУ «Дальневосточное УГМС» был сделан вывод, что самым лучшим способом внедрения информации, передаваемой Дальневосточным центром ФГБУ «НИЦ «Планета» в оперативную работу синоптика, является возможность отображения данных в ПАК «ГИС-Метео». ГИС - это аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Другими словами можно сказать, что ГИС - специализированная система, которая предоставляет собой интерактивный и работающий в режиме реального времени инструмент, предназначенный для использования в оперативной работе синоптиков.

Совместно с сотрудниками Вычислительного Центра (ВЦ) ФГБУ «Дальневосточное УГМС» были изучены основные возможности системы и уточнено, что внедрение данных в программу возможно в текстовом формате.

Все данные, рассчитанные в ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета», сохраняются в текстовом файле в формате, адаптированном для усвоения в «ГИС-Метео», где специалист-синоптик имеет возможность визуализации рассчитанных параметров в виде изолиний, численных значений, или цветокодированных карт, то есть в тех форматах, с которыми он привык работать.

С целью поддержания оперативности данных, и в то же время для получения комплексной картины синоптической обстановки, текстовые файлы с восстановленными данными полей метеовеличин поступают как по отдельному витку, так и монтажом последовательных витков. При этом есть возможность создания «одномоментных» монтажей, например: первый виток с «NOAA-16», второй виток с «NOAA-18», третий с «NOAA-19», причём они должны быть максимально близки по времени. Такой подход

сокращает время между первым и последним витками монтажа от 3,5 часов до 2 часов, что более наглядно для оперативного анализа активных процессов.

Возможность совмещения в «ГИС-Метео» рассчитанных значений температуры по спутниковым данным с данными фактического зондирования и модельными данными позволила провести дополнительную верификацию и первичное испытание обработанных спутниковых данных.

По оценке специалистов ФГБУ «Дальневосточное УГМС» полученные на данный момент результаты вполне конкурентоспособны с полями соответствующих метеовеличин, построенных в кодах ГРИБ (ГРИД), однако, по краям витков наблюдается некоторое завышение относительно данных фактического аэрологического зондирования, что требует дополнительного «отсеивания» некорректных значений. Возможность более качественного и максимально точного построения профилей обеспечивается варьированием коэффициента размытия функции Гаусса при сглаживании полей, что позволяет более детально отслеживать движение воздушных масс в локальных процессах, характерных для Дальневосточного региона: выносах тёплых масс со стороны Японского и Охотского морей и прохождении ныряющих циклонов, сформировавшихся в Якутии.

Результатом проделанной работы является возможность проводить качественную оценку предлагаемой технологии путём визуального сопоставления полей температуры, снятых со спутника и построенных гидродинамическими моделями в «ГИС-Метео».

Апробация показала перспективность использования технологии в практической деятельности гидрометеорологических центров. Значительно расширено количество сроков построения фактических аэрологических профилей, при этом появилась возможность дополнительной оценки локальных процессов и процессов над наиболее слабоосвещённой фактическими данными водной поверхностью.

Дальнейшая программно-математическая адаптация существующих алгоритмов позволит использовать восстановленные со спутников данные как входные параметры в различных гидродинамических прогностических моделях.

Одновременно с этим в качестве параллельной задачи, на данном этапе отработана возможность усвоения восстановленных со спутников данных для передачи кодом КН-04 с целью частичной замены отсутствующих данных аэрологического зондирования за временные сроки 00 и 12 по UTC.

Список литературы

1. NOAA Национальное управление океанических и атмосферных исследований [Электронный ресурс]. - электрон. дан. - режим доступа: <http://www.noaa.gov/about-noaa.html>.
2. NASA Национальный комитет по астронавтике и исследованию космического пространства [Электронный ресурс]. - электр. дан. - режим доступа: <http://npp.gsfc.nasa.gov/suomi.html>.
3. Международный пакет обработки данных с ATOVS [Электронный ресурс]. - электр. дан. - Винконсин-Мэдисон, СШАЖ Кооператив институтов метеорологических космических исследований, Университет Висконсина-Мэдисона, 2000. - режим доступа: <http://cimss.ssec.wisc.edu/opsats/polar/iapp/>, свободный.
4. Глобальное зондирование атмосферы инструментом ATOVS: алгоритм и валидация [текст] / Дж.Ли, В. Вольф, П. Менцель // Журнал прикладной метеорологии - 2000. - № 39, - . стр. 1248-1268
5. Сообщество пакета спутниковой обработки (CSPP). CSPP гиперспектральное восстановление [Электронный ресурс]. - электрон. дан. - Винконсин-Мэдисон, США: Центр науки о космосе и инженерии, Университет Винконсин-Мэдисон, США, 2012. - ржим доступа: <http://cimss.ssec.wisc.edu/cspp/download/>, свободный.

References

1. NOAA National oceanic and atmospheric administration [Electronic resource]. - <http://www.noaa.gov/about-noaa.html>.
2. NASA National Aeronautics and Space Administration [Electronic resource]. - <http://npp.gsfc.nasa.gov/suomi.html>
3. International ATOVS Processing Package [Electronic resource]. – electr. dat. – Winsconsin-Madison, USA: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin-Madison, 2000. – access mode: <http://cimss.ssec.wisc.edu/opsats/polar/iapp/>, free.
4. Global Soundings of the Atmosphere from ATOVS Measurements: The Algorithm and Validation [Text] / J. Li, W. Wolf, P. Menzel // Journal of Applied Meteorology – 2000. – Vol. 39, Is. 8. – P. 1248–1268
5. Community Satellite Processing Package (CSPP). CSPP UW Hyperspectral Retrieval Version [Electronic resource]. – electr. dat. – Winsconsin-Madison, USA: Space Science

and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison, 2012. – access mode:
<http://cimss.ssec.wisc.edu/cspp/download/>, free.

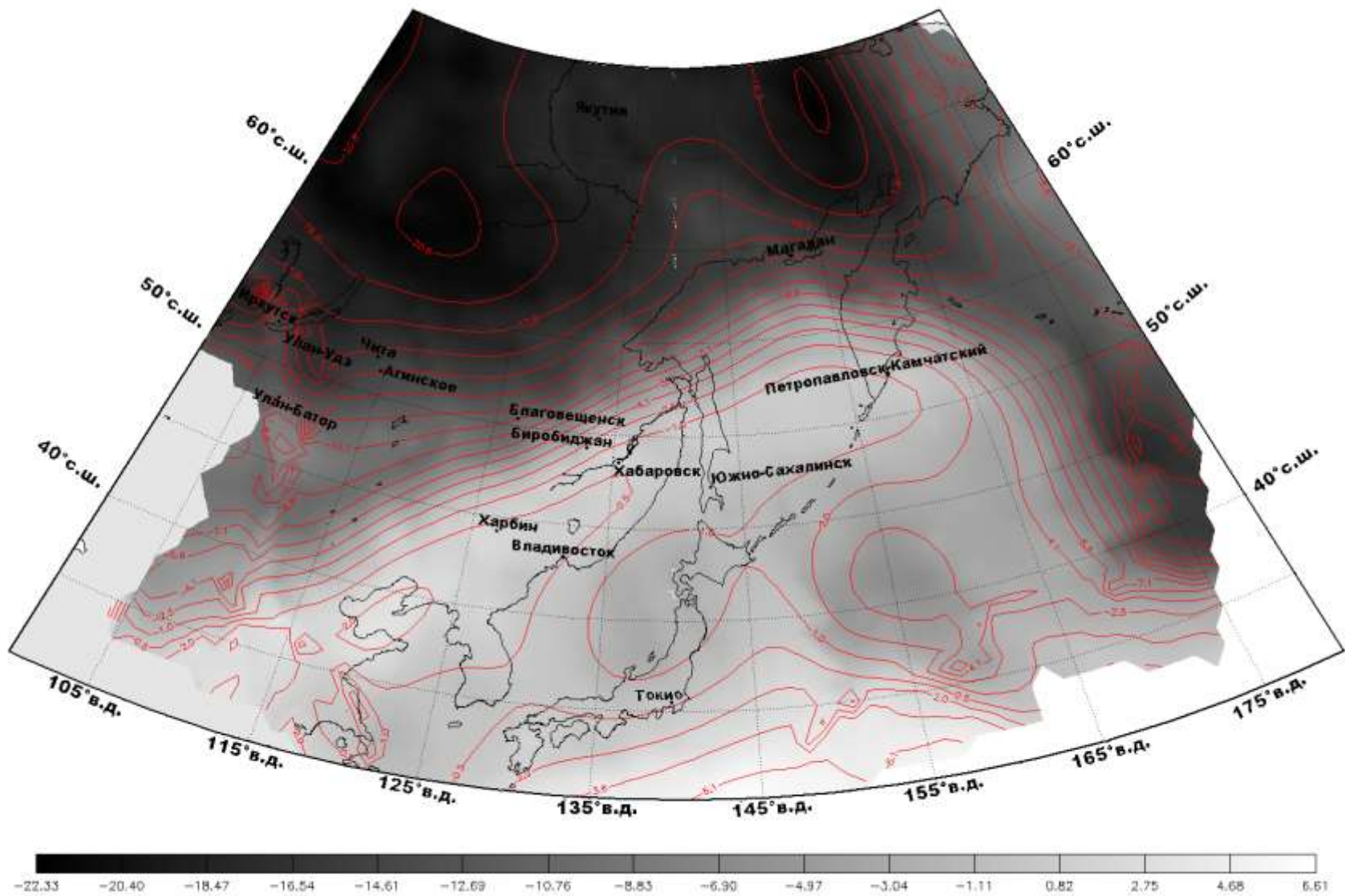


Рис. 1. Восстановленные значения температуры на 700 гПа за 1 мая 2014 года.

Таблица 1. Сравнение аэрологических данных с методическими данными

Сравнение: Аэрологические наблюдения – методический анализ (00) и прогноз												
Среднее арифметическое различие (Еар)												
Месяц - Сезон	Уровень											Ср. по Ур-м
	метод	1000	850	700	500	400	300	250	200	150	100	
Зима	Спутник	-4.0	-0.7	0.0	0.1	0.3	0.7	0.6	0.2	-0.1	-0.1	-0.3
	Экзетер(00)	-2.0	0.3	-0.0	-0.0	0.0	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.4	-0.1
	GFS (00)	-1.7	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.1	0.2	-0.4
	WRF(00)	-1.6	-0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.3	0.2	0.1	-0.2
	WRF(24)	-2.6	-0.4	0.2	0.1	0.1	-0.5	0.1	1.5	1.4	0.8	-0.1
Весна	Спутник	-3.3	-0.9	0.2	0.5	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	0.4	0.0
	Экзетер(00)	-0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.1
	GFS (00)	-0.7	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	0.1	-0.1	0.1	0.4	-0.1
	WRF(00)	-0.7	-0.0	0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.0	0.3	0.7	0.4	0.1
	WRF(24)	0.2	0.6	0.3	0.3	0.3	-0.0	-0.1	1.1	1.6	0.5	0.5
Лето	Спутник	-2.6	-1.2	0.6	1.3	1.2	1.0	1.2	1.1	0.7	0.1	0.2
	Экзетер(00)	0.2	0.0	-0.1	-0.0	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
	GFS (00)	-0.5	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	0.1	-0.2
	WRF(00)	-0.8	-0.3	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.1	0.3	0.1	-0.2
	WRF(24)	0.4	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.6	0.4	0.8	-0.5	0.0
Осень	Спутник	-2.9	-0.6	0.4	0.8	0.7	0.9	0.9	0.7	0.2	-0.1	0.1
	Экзетер(00)	-0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.0	-0.0	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
	GFS (00)	-0.7	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2	-0.5	-0.3	0.1	-0.3
	WRF(00)	-0.8	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	0.1	0.1	-0.0	-0.2
	WRF(24)	-0.8	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-0.6	-0.6	0.8	0.9	-0.3	-0.2
Год	Спутник	-3.3	-0.9	0.3	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.1	0.0
	Экзетер(00)	-0.8	0.2	-0.0	-0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.1	-0.0
	GFS (00)	-1.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.2	-0.2
	WRF(00)	-1.0	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.1	0.3	0.1	-0.2
	WRF(24)	-0.8	-0.1	0.1	0.0	-0.0	-0.3	-0.4	0.9	1.1	-0.0	-0.0