

Сопоставление прогностических данных, сопровождающих результаты дистанционного зондирования атмосферы с космического аппарата ENVISAT, с результатами наземных измерений на метеостанциях Западной Сибири

Д.Н. Трошкин, В.Е. Павлов, А.Н. Романов, Н.Н. Безуглова, Г.С. Зинченко*

*Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1*

Поступила в редакцию 15.09.2008 г.

Сопоставлены метеорологические параметры: давление, относительная влажность, скорость и направление ветра, сопровождающие измерения атмосферных параметров со спутника «ENVISAT», с данными их наблюдений на ряде метеорологических станций Западной Сибири в летний период. Определены коэффициенты корреляции, и получены соотношения, с помощью которых прогностические данные, сопровождающие космические измерения, могут быть переведены в наземные.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, метеопараметры, коэффициент корреляции.

Введение

В последние годы одной из важнейших проблем человечества стало наблюдающееся изменение климата на Земле [1–6]. Для мониторинга происходящих процессов в системе «атмосфера–океан–суша» широко используются методы дистанционного зондирования Земли из космоса [7–9]. Именно таким путем получается оперативная информация об атмосферных параметрах на обширных и зачастую малонаселенных пространствах, к которым безусловно следует отнести Западную Сибирь. Здесь в последнее время, кроме решения фундаментальных научных проблем, часто возникает необходимость в решении ряда конкретных практических задач по составлению картосхем пространственного распределения метеорологических параметров вдоль строящихся дорог, нефтепроводов и газопроводов. Обычно в этих случаях требуется знание средних значений и дисперсий атмосферных параметров, а также их экстремальных значений на уровне земной поверхности. Из-за отсутствия результатов непосредственных измерений на метеостанциях приходится восполнять существующие пробелы данными спутниковых наблюдений и полученными на их основе прогностическими результатами.

Однако при подобном подходе часто возникает трудность принципиального характера. При определении параметров из космоса дистанционными методами обычно используются данные спектральных

измерений яркости уходящего в космос коротковолнового излучения. Вследствие этого получаемые как итоги решения обратных задач значения атмосферных параметров будут соответствовать неким эффективным высотам H_{eff} , не всегда совпадающим с уровнем земной поверхности H_0 . Особенно это касается случаев наличия облачности на небосводе. В какой мере данные для H_{eff} могут быть экстраполированы на уровень H_0 , можно установить только путем сопоставления параметров, одновременно определяемых с космического аппарата и на наземных метеостанциях. Эта задача для равнинной территории Западной Сибири (зоны водосборных бассейнов Оби и Иртыша) рассматривается в настоящей статье.

Анализируются данные, сопровождающие измерения спутникового прибора «MERIS», который установлен на спутнике «ENVISAT» Европейского космического агентства (ESA). На регистрирующем приемном устройстве получают изображения Земли в 15 участках спектра в диапазоне длин волн от 390 до 1040 нм. На их основе вычисляются такие атмосферные параметры, как общее содержание водяного пара в атмосферном столбе, типы аэрозоля и его оптические толщ, высоты верхней границы облаков и их оптические толщ. К сопровождаемым данным относятся следующие метеопараметры: давление, скорость и направление ветра, относительная влажность воздуха, содержание озона. Они получаются в Европейском Центре среднесрочного прогноза погоды (ECMWF). В свою очередь эти параметры являются итогом обобщения данных наземных измерений и спутникового зондирования.

В Руководстве по использованию прогностических данных (User Guide to ECMWF forecast products) для территории Сибири подобные результаты

* Дмитрий Николаевич Трошкин; Владимир Евгеньевич Павлов (pavlov@iwer.asu.ru); Андрей Николаевич Романов; Надежда Николаевна Безуглова; Галина Станиславовна Зинченко.

не представлены в достаточной мере [10]. Возникает вопрос о возможности их практического использования при изучении процессов переноса влаги и аэрозоля в атмосфере.

В наших исследованиях анализируются данные, привязанные к географическим координатам с пространственным разрешением ~ 17 км. Координаты точек, соответствующих метеостанциям, определялись интерполяционным путем. На начальном этапе исследовалось пространственное распределение следующих параметров: относительной влажности, давления, направления и скорости ветра.

Каждый фрагмент с указанным разрешением в формате ENVI имеет размер 5–10 Мбайт; в зону водосборных бассейнов Оби и Иртыша обычно попадают результаты измерений из 2–3 фрагментов. Пример одного из них для пространственного распределения относительной влажности воздуха показан на рис. 1.

Количество точек сканирования в один день составляет около 100 000; средний вес безоблачных точек в их общем числе равен 39%. Отмечены города, на метеостанциях которых в те же дни измерялись величины указанных атмосферных параметров. Список городов следует дополнить не вошедшими на картосхему Павлодаром и Туруханском. Временные расхождения для наземных измерений составляли от нескольких минут до 2 ч.

Так как измерения соответствовали дневному времени (6 ч по Гринвичу), за это время изменения метеопараметров незначительны, за исключением условий прохождения атмосферных фронтов. Абсолютные погрешности измерений для наземных метеостанций составляют: 0,5 мм рт. ст. для давления, 1% для относительной влажности, 5° для направления ветра и 1 м/с для скорости ветра. Для сопро-

вождающих спутниковые измерения прогностических данных значения погрешностей не приводятся.

На рис. 2 сопоставлены метеорологические параметры, сопровождающие спутниковые измерения, и данные их наблюдений на наземных метеостанциях в облачные и безоблачные дни с июня по сентябрь 2008 г. [11].

Рис. 2, а отображает результаты определения величин атмосферного давления P (мм рт. ст.) для спутника P_{MERIS} и на метеостанции в Александровском. В других пунктах для Западно-Сибирской равнины наблюдается аналогичная картина: независимо от наличия облаков на небосводе коэффициент корреляции r для атмосферного давления во всех пунктах составляет не менее 0,97–0,99. Это свидетельствует об очень значимой линейной связи сопоставляемых P_{MERIS} и P . Следует заметить, что прогностические данные рассчитаны на высоту 0 м над уровнем моря, вследствие чего имеет место систематическое расхождение $\Delta P = P_{\text{MERIS}} - P$. Для Александровского на высоте $h = 53$ м над уровнем моря эта разность составляет 4 мм рт. ст. Для других наблюдательных пунктов величина ΔP линейно меняется с изменением h , причем при $h = 0$ значение ΔP близко к нулю.

На рис. 2, б сопоставлены значения относительной влажности воздуха RH (%), соответствующие прогностическим данным RH_{MERIS} и результатам их измерений на метеостанции в Александровском. Значение коэффициента линейной корреляции r равно 0,83. Его величина заметно больше для направлений ветра α_{MERIS} и α (рис. 2, в); в разных пунктах она меняется от 0,91 до 0,97. Направления ветров, измеренные на метеостанциях и по сопровождающим данным, имеют систематическое смещение, близкое к 30° . Одним из возможных

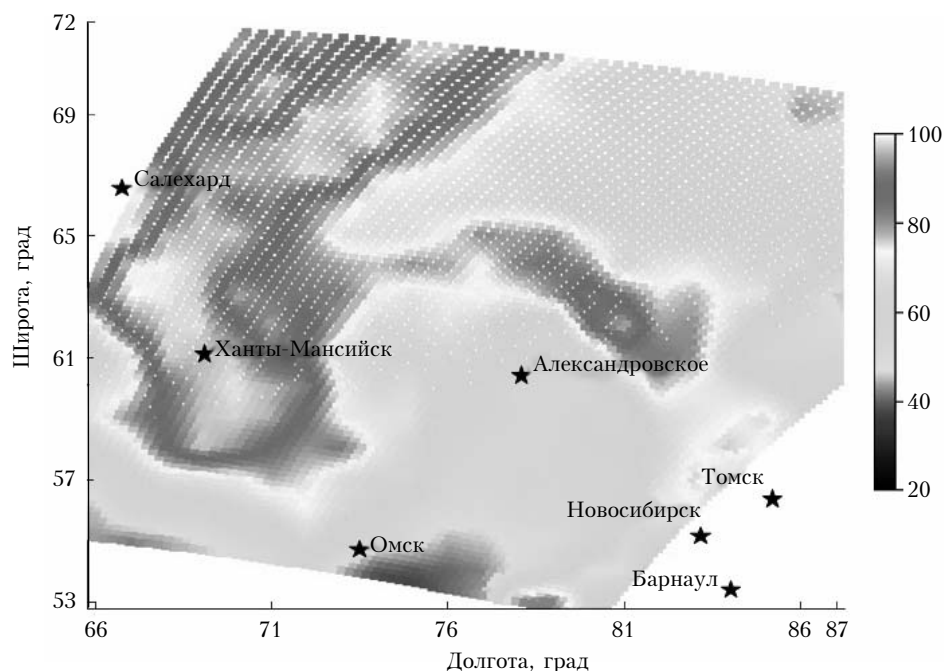


Рис. 1. Пример пространственного распределения относительной влажности воздуха над территорией Западной Сибири. 10 августа 2008 г.

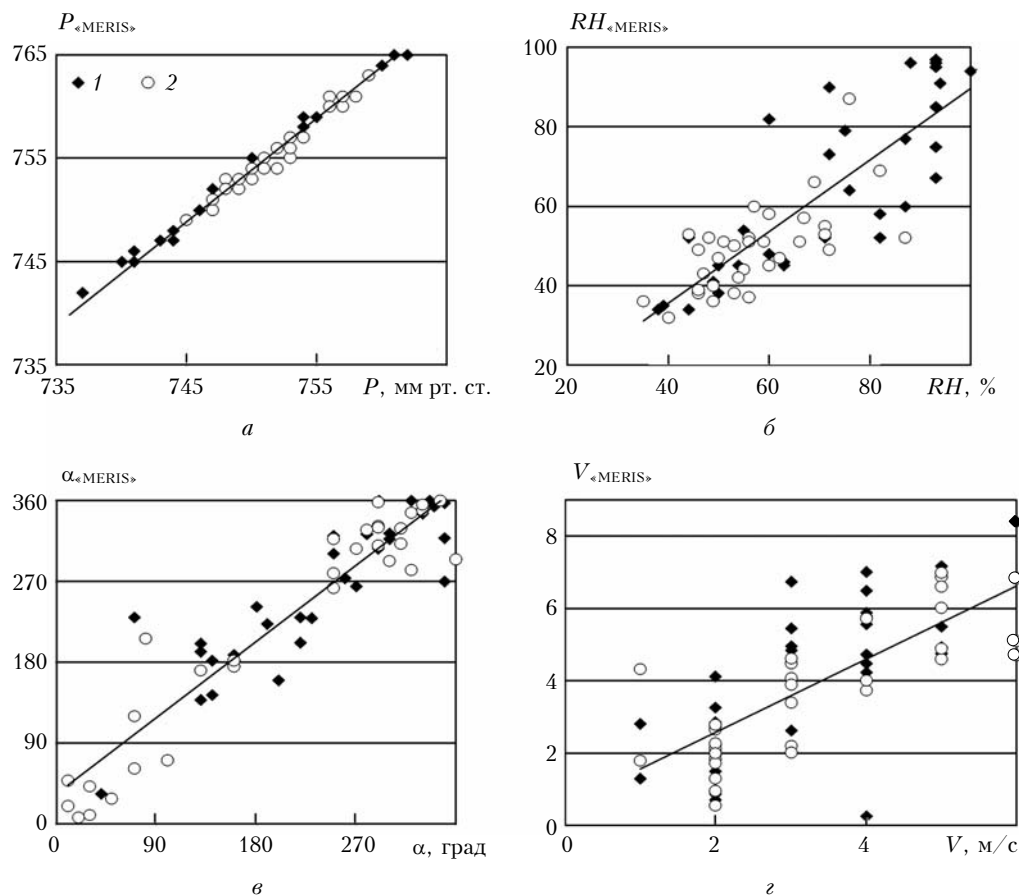


Рис. 2. Связь между метеопараметрами при их определении на метеостанциях (ось абсцисс) и прогностическими данными для спутника «ENVISAT» (ось ординат) в облачные (1) и безоблачные (2) дни: давление (а), относительная влажность (б), направление (в) и скорость (z) ветра

Значения коэффициентов r , k и b

Станция	Давление			Влажность			Направление ветра			Скорость ветра		
	r	k	b	r	k	b	r	k	b	r	k	b
Александровское	0,99	1,0	-3,9	0,82	1,1	0	0,94	1,06	-36	0,73	1	-0,6
Новосибирск	0,99	1,0	-15,0	0,8	1,4	-14	0,97	1,05	-26	0,73	1,5	-2,4
Туруханск	0,98	1,0	-3,2	0,79	1,9	-50	0,91	1,09	-48	0,44	1,2	-2,2
Павлодар	0,98	1,0	-10,2	0,84	1,4	-20	0,96	1,09	-11	0,68	1,4	-2,6
Салехард	0,995	1,0	-1,6									
Томск	0,97	1,0	-11,9									
Ханты-Мансийск	0,99	1,0	-4,5									
Средние		1,0			1,5	-21		1,1	-30		1,3	-2,0

объяснений эффекта может быть то, что прогностические данные для Сибири получены на основе спутниковых. При этом хоть и указано, что они приводятся для ветра вблизи поверхности Земли, из-за особенностей определения его направления из космоса они соответствуют некоей эффективной высоте, где направление ветра (с учетом влияния шероховатости подстилающей поверхности) может быть отличным.

В наименьшей мере коррелируют значения скорости ветра V_{MERIS} и V (рис. 2, z): значение r варьирует в пределах от 0,44 до 0,73. Если считать, что параметры P , RH , α и V линейно связаны с P_{MERIS} , RH_{MERIS} , α_{MERIS} и V_{MERIS} , то для оценки их наземных значений из спутниковых данных по фор-

муле $y = kx + b$ можно воспользоваться соответствующими коэффициентами k и b из таблицы.

Для атмосферного давления среднее значение b в таблице не приведено, поскольку оно зависит от высоты станции над уровнем моря. Его можно приблизительно определить из соотношения $b = -(0,07h + 0,85)$, где h задается в метрах.

Приводимые коэффициенты по мере необходимости могут быть применены для приближенного определения искомых параметров в пунктах, расположенных между вышеперечисленными метеостанциями, путем интерполяции.

В дальнейшем авторами предполагается использование полученных результатов для оценки потоков влаги в атмосфере над территорией Западной Сибири.

Работа выполнена при поддержке Европейского космического агентства ESA (грант № 4747), предоставившего доступ к данным космического зондирования со спутника «ENVISAT» (прибор «MERIS»).

1. *Израэль Ю.А.* О состоянии современного климата и предложения о деятельности в области противодействия изменению климата // Метеорол. и гидрол. 2008. № 10. С. 5–8.
2. *Кондратьев К.Я.* Глобальные изменения климата: данные наблюдений и результаты численного моделирования // Исслед. Земли из космоса. 2004. № 2. С. 61–99.
3. *Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф.* Глобальная динамика климата: Перспективы разработок. 1. Стратегия развития всемирной программы исследований климата // Изв. Рус. геогр. о-ва. 2005. Т. 137. Вып. 3. С. 1–12.
4. *Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф.* Глобальная динамика климата: Перспективы разработок. 2. Стратегия исследований в США // Изв. Рус. геогр. о-ва. 2005. Т. 137. Вып. 4. С. 1–13.
5. *Zhong Z.* A possible cause of a regional climate model's failure in simulating the east Asian summer monsoon // Geophys. Res. Lett. 2006. V. 33. L24707, doi:10.1029/2006GL027654.
6. *Williams E.R.* Lightning and climate: A review // Atmos. Res. 2005. V. 76. Iss. 1–4. P. 272–287.
7. *Setvák M., Rabin R.M., Doswell C.A., Levizzani V.* Satellite observations of convective storm tops in the 1.6, 3.7 and 3.9 μm spectral bands // Atmos. Res. 2003. V. 67–68. P. 607–627.
8. *De Michele C., Bernardara P.* Spectral analysis and modeling of space-time rainfall fields // Atmos. Res. 2005. V. 77. Iss. 1–4. P. 124–136.
9. *Покровский О.М.* Применение данных дистанционного зондирования температуры поверхности океана, ледового покрова и атмосферы в Арктике для изучения тенденций изменения климата России // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 3. С. 20–33.
10. *Persson A., Grazzini F.* User Guide to ECMWF forecast products // http://www.ecmwf.int/products/forecasts/guide/user_guide.pdf
11. *GISMETEO.RU:* Прогноз погоды // <http://www.gismeteo.ru/>

D.N. Trochkin, V.E. Pavlov, A.N. Romanov, N.N. Bezuglova, G.S. Zinchenko. **Comparison of the auxiliary data for «ENVISAT» satellite and data from the ground based meteorological stations in the West Siberia.**

Comparison of some meteorological parameters, such as pressure, relative humidity, wind speed and direction during the summer season was made for the auxiliary data of «ENVISAT» satellite and a number of meteorological stations in West Siberia. Correlation coefficients and formulas for data translation from the «ENVISAT» satellite auxiliary data to ground based meteorological data were calculated.