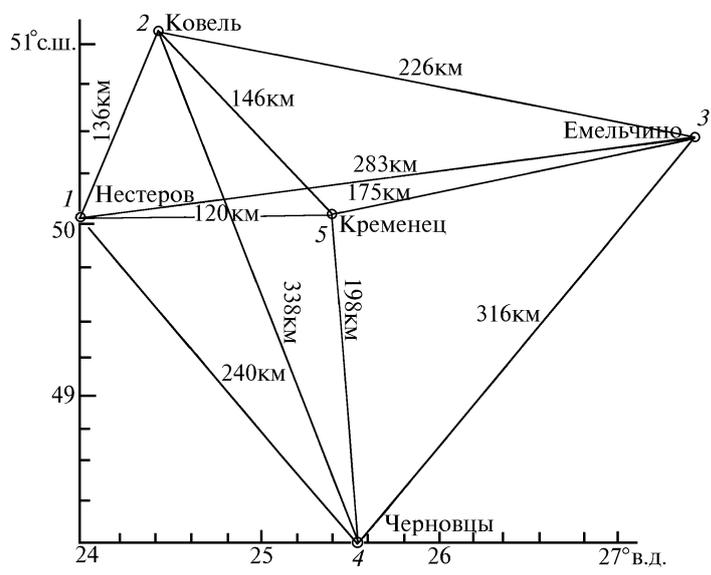


В.С. Комаров, А.В. Креминский

### ОПТИМАЛЬНОЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРОГНОЗА В ЗАДАЧАХ АТМОСФЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Ч. II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Обсуждаются результаты численных экспериментов по оценке качества пространственного прогноза вертикальных профилей температуры и ветра, проведенного на основе оптимального комплексирования альтернативных методов (полиномиальной аппроксимации, оптимальной экстраполяции и ММУА) и данных аэрологических наблюдений, полученных для типичного мезометеорологического полигона. На конкретных примерах показано, что наибольшая точность прогноза характерна для алгоритма, который базируется на оптимальном комплексировании метода оптимальной экстраполяции и модифицированной версии метода группового учета аргументов, а полученные при этом незначительные погрешности позволяют рассчитывать на его широкое использование в задачах диагноза и прогноза уровня атмосферных загрязнений в районах с отсутствием данных аэрологических наблюдений.

Априори можно считать, что пространственный прогноз мезометеорологических полей, осуществляемый с помощью комплексной прогностической модели [1], будет существенно лучше, чем прогноз на основе одного из альтернативных методов экстраполяции (полиномиальной аппроксимации или оптимальной экстраполяции), так как эта модель учитывает не только особенности горизонтальной структуры этого поля на различных уровнях, но и динамику его временных изменений. Однако такое предположение, естественно, требует для своего подтверждения проведения численных экспериментов по оценке качества соответствующих прогнозов. Рассмотрению результатов подобных экспериментов и посвящена настоящая статья.



Остановимся, в первую очередь, на характеристике исходного материала и на некоторых методических аспектах формирования требуемой выборки пространственно-временных наблюдений. Поскольку в нашем случае речь идет о применении комплексного пространственного прогноза в задачах атмосферно-экологического мониторинга ограниченных территорий (например, отдельного района или промышленной зоны), то оценка качества этого прогноза

проводится на примере вертикального распределения температуры и ветра, играющих основную роль в распространении загрязняющих веществ [2]. Кроме того, для учета влияния на качество прогноза атмосферных мезомасштабных процессов с горизонтальным масштабом от 20 до 200 км [3] в статье использованы данные типичного мезометеорологического полигона. Этот полигон представлен пятью аэрологическими станциями: Нестеров (50°36' с. ш., 23°56' в. д.), Ковель (51°11' с. ш., 24°41' в. д.), Кременец (50°05' с. ш., 25°41' в. д.), Емельчино (50°50' с. ш., 27°46' в. д.) и Черновцы (48°16' с. ш., 25°55' в. д.) и расположен на территории западных областей Украины и Белоруссии (план этого полигона показан на рисунке). При этом данные полигонных наблюдений для всех перечисленных станций охватывают период с 24 ноября по 7 декабря 1991 г. (сроки наблюдения 4 и 16 ч).

Следует также отметить и то, что все данные аэрологических наблюдений представлены в единой системе геометрических высот, которая включает в себя 9 стандартных уровней: 0 (уровень земли); 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2; 4; 6; 8 км, характеризующих достаточно детально не только пограничный слой, но и практически всю тропосферу, где осуществляется трансграничный перенос атмосферных загрязнений. Лишь данные ветровых наблюдений из-за особенностей измерительной аппаратуры представлены в несколько иной системе геометрических высот, а именно: 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2; 4; 6 и 8 км.

Известно [4], что для практических расчетов пространственного распространения облака какой-либо примеси обычно применяются не уровенные наблюдения за температурой и ветром, а данные их усреднения по отдельным атмосферным слоям. Поэтому для формирования исходного массива, использованного нами для решения поставленной задачи, была применена процедура послойного усреднения температуры ( $T$ ), зональной ( $U$ ) и меридиональной ( $V$ ) составляющих скорости ветра, осуществленного по данным послойных наблюдений за этими физическими параметрами с помощью следующих выражений [4]:

$$\langle T \rangle_{h_0, h} = \frac{1}{h - h_0} \int_{h_0}^h T(z) dz; \quad (1)$$

$$\langle U \rangle_{h_0, h} = \frac{1}{h - h_0} \int_{h_0}^h U(z) dz; \quad (2)$$

$$\langle V \rangle_{h_0, h} = \frac{1}{h - h_0} \int_{h_0}^h V(z) dz. \quad (3)$$

В выражениях (1) – (3) знак  $\langle \rangle$  обозначает процедуру усреднения данных по высоте в некотором слое  $h_0 - h$  (здесь  $h_0$  и  $h$  – высоты нижней и верхней границы взятого атмосферного слоя), причем в практике атмосферно-экологических исследований обычно используются слои атмосферы, отсчитываемые от наземного уровня, т.е. когда  $h_0 = 0$ .

Данное обстоятельство было учтено при расчете средней температуры  $\langle T \rangle$ , зональной  $\langle U \rangle$  и меридиональной  $\langle V \rangle$  составляющих вектора среднего ветра, значения которых и были использованы для оценки качества пространственного прогноза. Сама же оценка осуществлялась с помощью средней квадратической погрешности такого прогноза ( $E$ ) и вероятности ( $P$ ) ошибок (т.е. отклонений восстановленных значений  $\langle T \rangle_{0-h}$ ,  $\langle U \rangle_{0-h}$ ,  $\langle V \rangle_{0-h}$  от соответствующих фактических значений), менее некоторой заданной величины (для средней температуры менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  и более  $\pm 4^\circ\text{C}$ , а для составляющих скорости среднего ветра менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  м/с и более  $\pm 4$  м/с).

Рассмотрим теперь результаты численных экспериментов по оценке качества пространственного прогноза приземной ( $T_0$ ) и средней ( $\langle T \rangle_{0-h}$ ) температуры и составляющих вектора среднего ветра ( $\langle U \rangle_{0-h}$  и  $\langle V \rangle_{0-h}$ ), проведенных с помощью методов полиномиальной аппроксимации и оптимальной экстраполяции, а также на основе оптимального комплексного алгоритма. При этом остановимся вначале на анализе результатов статистической оценки качества прогноза, осуществленного методом полиномиальной аппроксимации или оптимальной экстраполяции, а также на возможности выбора наилучшего (с точки зрения точности простран-

венного прогноза) метода, для чего воспользуемся табл. 1 – 3, содержащими значения вероятности ( $P$ ) ошибок восстановления приземной ( $T_0$ ) и средней ( $\langle T \rangle_{0-h}$ ) температуры менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  и более  $\pm 4^\circ\text{C}$  и ошибок восстановления составляющих среднего ветра ( $\langle U \rangle_{0-h}$  и  $\langle V \rangle_{0-h}$ ) менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  м/с и более  $\pm 4$  м/с.

Сразу же отметим, что из-за большого объема материала в табл. 1 – 3 в качестве примера приводятся результаты точностных оценок лишь для двух типичных станций рассматриваемого полигона: Нестеров и Ковель.

Численные эксперименты по оценке качества пространственного прогноза, осуществляемого методами полиномиальной или оптимальной экстраполяции в отдельности, показали, что:

- наилучшие результаты такого прогноза (независимо от взятого метода) характерны для приземной температуры и составляющих вектора среднего ветра в слое 0,2 – 0,4 км. Так, например, вероятность пространственного прогноза (восстановления) приземной температуры методом оптимальной экстраполяции с ошибкой менее  $\pm 1^\circ\text{C}$  составляет 0,63 – 0,88, а с ошибкой менее  $\pm 2^\circ\text{C}$ , т. е. менее значения погрешности, допускаемой Всемирной Метеорологической Организацией для радиозондовых наблюдений [5], равна уже 0,94.

- из компонент вектора среднего ветра наилучшим образом прогнозируется меридиональная составляющая, для которой вероятность ошибок прогноза, осуществленного тем же методом, уже менее  $\pm 1$  м/с составляет 0,66 – 0,88;

- метод оптимальной экстраполяции дает большую точность пространственного прогноза полей температуры и составляющих вектора среднего ветра, чем метод полиномиальной экстраполяции, что хорошо видно из табл. 4.

Т а б л и ц а 1

Значения вероятностей ( $P$ ) ошибок восстановления температуры менее  $\pm 1 \dots 4$  и более  $\pm 4^\circ\text{C}$ , полученных методом полиномиальной (а) и оптимальной (б) экстраполяции для станций Нестеров (1) и Ковель (2)

Слой, км	Вероятность, $P$																			
	$\leq \pm 1^\circ\text{C}$				$\leq \pm 2^\circ\text{C}$				$\leq \pm 3^\circ\text{C}$				$\leq \pm 4^\circ\text{C}$				$> \pm 4^\circ\text{C}$			
	1		2		1		2		1		2		1		2		1	2		
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
0	0,44	0,63	0,31	0,88	0,78	0,94	0,81	0,94	0,81	0,94	0,90	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	0,06	0	0	0
0–0,4	0,50	0,50	0,06	0,31	0,75	0,81	0,25	0,88	0,88	0,81	0,69	0,94	0,88	0,94	0,75	0,95	0,13	0,06	0,25	0,05
0–0,8	0,38	0,19	0,13	0,19	0,69	0,69	0,19	0,69	0,75	0,88	0,38	0,88	0,88	0,94	0,56	0,94	0,13	0,06	0,44	0,06
0–1,2	0,38	0,25	0,13	0,25	0,56	0,63	0,19	0,44	0,75	0,88	0,25	0,75	0,88	0,88	0,50	0,88	0,13	0,13	0,50	0,13
0–1,6	0,38	0,19	0,06	0,19	0,56	0,50	0,19	0,50	0,69	0,88	0,25	0,69	0,88	0,88	0,38	0,81	0,13	0,13	0,63	0,19
0–2	0,31	0,19	0,06	0,25	0,56	0,56	0,06	0,50	0,69	0,88	0,19	0,63	0,88	0,88	0,31	0,81	0,13	0,13	0,69	0,19
0–4	0,19	0,25	0,06	0,19	0,44	0,38	0,13	0,38	0,75	0,75	0,13	0,50	0,81	0,88	0,25	0,75	0,19	0,13	0,75	0,25
0–6	0,19	0,13	0,06	0,19	0,44	0,44	0,13	0,31	0,75	0,69	0,13	0,50	0,81	0,81	0,19	0,63	0,19	0,19	0,81	0,38
0–8	0,19	0,13	0,06	0,19	0,44	0,44	0,13	0,31	0,75	0,69	0,13	0,50	0,81	0,81	0,25	0,69	0,19	0,19	0,75	0,31

Т а б л и ц а 2

Значения вероятностей ( $P$ ) ошибок восстановления зональной составляющей ветра менее  $\pm 1 \dots 4$  м/с и более  $\pm 4$  м/с, полученных методом полиномиальной (а) и оптимальной (б) экстраполяции для станций Нестеров (1) и Ковель (2)

Слой, км	Вероятность, $P$																			
	$\leq \pm 1\text{ м/с}$				$\leq \pm 2\text{ м/с}$				$\leq \pm 3\text{ м/с}$				$\leq \pm 4\text{ м/с}$				$> \pm 4\text{ м/с}$			
	1		2		1		2		1		2		1		2		1	2		
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
0,2–0,4	0,31	0,56	0,19	0,45	0,50	0,75	0,44	0,66	0,78	0,88	0,65	0,75	0,79	0,88	0,74	0,79	0,21	0,13	0,26	0,21
0,2–0,8	0,13	0,38	0,13	0,29	0,31	0,56	0,19	0,35	0,38	0,63	0,38	0,50	0,50	0,69	0,44	0,54	0,50	0,31	0,56	0,46
0,2–1,2	0,13	0,38	0,06	0,13	0,25	0,38	0,13	0,19	0,25	0,56	0,19	0,19	0,31	0,56	0,31	0,35	0,69	0,44	0,69	0,65
0,2–1,6	0,19	0,31	0,06	0,13	0,25	0,38	0,06	0,19	0,25	0,50	0,13	0,19	0,31	0,50	0,19	0,69	0,50	0,81	0,81	0,81
0,2–2,0	0,19	0,25	0,06	0,06	0,25	0,31	0,06	0,19	0,31	0,38	0,13	0,19	0,31	0,50	0,13	0,19	0,69	0,50	0,88	0,81
0,2–4,0	0,19	0,19	0,06	0,06	0,25	0,25	0,06	0,13	0,31	0,31	0,13	0,19	0,31	0,44	0,13	0,19	0,69	0,56	0,88	0,81
0,2–6,0	0,25	0,13	0,06	0,06	0,25	0,19	0,13	0,13	0,31	0,25	0,13	0,13	0,31	0,25	0,19	0,19	0,69	0,75	0,81	0,81
0,2–8,0	0,19	0,13	0,06	0,06	0,25	0,13	0,13	0,13	0,31	0,19	0,13	0,13	0,38	0,25	0,31	0,19	0,63	0,75	0,69	0,81

Важным обстоятельством является то, что наибольший рост вероятностей ошибок восстановления методом оптимальной экстраполяции, как это следует из табл. 4, характерен для значений  $\leq \pm 1^\circ\text{C}$  и  $\leq \pm 1$  м/с.

Т а б л и ц а 3

Значения вероятностей ( $P$ ) ошибок восстановления меридиональной составляющей ветра менее  $\pm 1 \dots 4$  и более  $\pm 4$  м/с, полученных методом полиномиальной (а) и оптимальной (б) экстраполяции для станций Нестеров (1) и Ковель (2)

Слой, км	Вероятность, $P$																			
	$\leq \pm 1$ м/с				$\leq \pm 2$ м/с				$\leq \pm 3$ м/с				$\leq \pm 4$ м/с				$> \pm 4$ м/с			
	1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
0,2–0,4	0,56	0,66	0,63	0,88	0,95	1,00	0,94	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0
0,2–0,8	0,25	0,35	0,31	0,56	0,50	0,66	0,63	0,88	0,69	0,76	0,75	0,88	0,94	1,00	0,94	1,00	0,06	0	0,06	0
0,2–1,2	0,13	0,19	0,19	0,38	0,31	0,38	0,31	0,63	0,56	0,63	0,63	0,75	0,69	0,69	0,69	0,88	0,31	0,31	0,31	0,13
0,2–1,6	0,13	0,13	0,13	0,31	0,31	0,44	0,25	0,63	0,44	0,56	0,56	0,63	0,56	0,69	0,63	0,75	0,44	0,31	0,38	0,25
0,2–2,0	0,06	0,19	0,13	0,31	0,31	0,38	0,19	0,63	0,44	0,50	0,50	0,63	0,56	0,63	0,63	0,75	0,44	0,38	0,38	0,25
0,2–4,0	0,06	0,19	0,13	0,44	0,19	0,38	0,19	0,63	0,38	0,50	0,38	0,63	0,56	0,63	0,63	0,69	0,44	0,38	0,38	0,31
0,2–6,0	0	0,13	0,13	0,38	0,13	0,25	0,25	0,50	0,44	0,50	0,38	0,63	0,56	0,69	0,50	0,69	0,44	0,31	0,50	0,31
0,2–8,0	0	0	0,13	0,38	0,19	0,31	0,31	0,44	0,31	0,38	0,38	0,63	0,50	0,63	0,44	0,69	0,50	0,38	0,56	0,31

Т а б л и ц а 4

Величины превышения вероятности ( $P$ ) ошибок пространственного прогноза приземной температуры менее  $\pm 1 \dots \pm 3^\circ\text{C}$  и составляющих вектора среднего ветра менее  $\pm 1 \dots \pm 3$  м/с, осуществляемого с помощью метода оптимальной экстраполяции, над вероятностью тех же ошибок, полученных при использовании метода полиномиальной аппроксимации

Уровень (слой) минимальной ошибки прогноза, км	Вероятность, $P$					
	$\leq \pm 1^\circ\text{C}$ или $\leq \pm 1$ м/с		$\leq \pm 1^\circ\text{C}$ или $\leq \pm 1$ м/с		$\leq \pm 1^\circ\text{C}$ или $\leq \pm 1$ м/с	
	Нестеров	Ковель	Нестеров	Ковель	Нестеров	Ковель
	Приземная температура					
0	0,19	0,57	0,16	0,13	0,10	0,10
	Зональная составляющая вектора среднего ветра					
0,2–0,4	0,25	0,26	0,25	0,22	0,10	0,11
	Меридиональная составляющая вектора среднего ветра					
0,2–0,4	0,10	0,25	0,05	0,06	0,02	0,02

Исходя из преимуществ метода оптимальной экстраполяции (над полиномиальной аппроксимацией), он и был использован в процедуре комплексирования с методом группового учета аргументов.

Рассмотрим теперь результаты статистической оценки качества восстановления высотной структуры полей температуры и ветра, проведенного на основе комплексирования метода оптимальной экстраполяции и модифицированной версии ММГУА. С этой целью были использованы результаты пространственного прогноза температуры и ветра на уровне или в слое минимальной погрешности (для температуры это наземный уровень, а для составляющих среднего ветра – слой атмосферы 200 – 400 м), проведенного методом оптимальной экстраполяции, а также пространственно-временные наблюдения одной из опорных станций, находящейся на ближайшем расстоянии от искомой точки.

Результаты статистической оценки качества пространственного прогноза температуры и ветра, проведенного с помощью комплексного алгоритма, приведены в табл. 5 – 7. Они содержат для двух ранее указанных станций полигона стандартные (среднеквадратические) погрешности восстановления ( $E$ ) и вероятности ( $P$ ) ошибок прогноза менее  $\pm 1 \dots \pm 4^\circ\text{C}$  и более  $\pm 4^\circ\text{C}$  для средней температуры и менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  м/с и более 4 м/с для составляющих вектора среднего ветра.

Анализ данных табл. 5 – 7 и сравнение их с данными табл. 1–3 показывает, что комплексный подход к решению задачи пространственного прогноза вертикальной структуры метеорологических полей, основанный на комплексировании двух альтернативных методов (метода оптимальной экстраполяции и ММГУА), является достаточно эффективным, поскольку при его использовании, во-первых, можно существенно улучшить (по сравнению с методом опти-

мальной экстраполяции) качество пространственного прогноза рассматриваемых метеорологических параметров; во-вторых, значительно повысить (по сравнению с методом оптимальной экстраполяции) потолок надежного восстановления средней температуры и составляющих вектора среднего ветра. В частности, это следует из того, что высокие значения вероятности ( $P \geq 0,60$ ) ошибок восстановления  $\langle T \rangle_{0-h}$  менее  $\pm 2^\circ\text{C}$  и  $\langle U \rangle_{0-h}$ ,  $\langle V \rangle_{0-h}$  менее  $\pm 2$  м/с характерны не только для самого нижнего слоя (это наблюдается при использовании метода оптимальной экстраполяции), но и для всего рассматриваемого слоя тропосферы.

Т а б л и ц а 5

**Стандартные погрешности ( $E$ ) и вероятности ( $P$ ) ошибок восстановления средней температуры менее  $\pm 1 \dots \pm 4^\circ\text{C}$  и более  $\pm 4^\circ\text{C}$ , полученных с помощью оптимальной экстраполяции и ММГУА по станциям Нестеров (1) и Ковель (2)**

Слой восстановления, м	Вероятность, $P$										$E$	
	$\leq \pm 1^\circ\text{C}$		$\leq \pm 2^\circ\text{C}$		$\leq \pm 3^\circ\text{C}$		$\leq \pm 4^\circ\text{C}$		$> \pm 4^\circ\text{C}$			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0-400	0,40	0,80	0,75	0,90	1	1	1	1	0	0	1,5	1
0-800	0,35	0,70	0,65	0,95	0,95	1	1	1	0	0	1,9	1,1
0-1200	0,30	0,65	0,60	0,90	0,90	0,95	0,95	1	0,05	0	2,1	1,4
0-1600	0,25	0,70	0,60	0,85	0,85	0,95	0,95	1	0,05	0	2,3	1,4
0-2000	0,25	0,55	0,60	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	0,10	0,05	2,3	1,5
0-4000	0,20	0,35	0,60	0,80	0,75	0,95	0,80	1	0,20	0	2,9	1,7
0-6000	0,20	0,25	0,60	0,75	0,75	0,95	0,80	0,95	0,20	0,05	2,9	1,9
0-8000	0,25	0,20	0,60	0,65	0,75	0,90	0,80	0,95	0,20	0,05	2,8	2

Т а б л и ц а 6

**Стандартные погрешности ( $E$ ) и вероятности ( $P$ ) ошибок восстановления зональной составляющей средней скорости ветра менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  м/с и более  $\pm 4$  м/с, полученных с помощью оптимальной экстраполяции и ММГУА по станциям Нестеров (1) и Ковель (2)**

Слой восстановления, м	Вероятность, $P$										$E$	
	$\leq \pm 1^\circ\text{C}$		$\leq \pm 2^\circ\text{C}$		$\leq \pm 3^\circ\text{C}$		$\leq \pm 4^\circ\text{C}$		$> \pm 4^\circ\text{C}$			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
200-800	0,55	0,35	0,70	0,65	0,90	0,75	0,95	0,85	0,05	0,15	2,1	2,5
200-1200	0,70	0,45	0,75	0,70	0,95	0,85	0,95	1	0,05	0	1,7	2,0
200-1600	0,65	0,45	0,75	0,80	1	0,95	1	1	0	0	1,4	1,7
200-2000	0,70	0,60	1	0,80	1	1	1	1	0	0	0,9	1,4
200-4000	0,70	0,60	0,95	0,70	1	0,80	1	1	0	0	1	1,9
200-6000	0,60	0,55	0,85	0,65	1	0,80	1	0,90	0	0,10	1,3	2,1
200-8000	0,75	0,55	1	0,60	1	1	1	1	0	0	0,9	1,8

Т а б л и ц а 7

**Стандартные погрешности ( $E$ ) и вероятности ( $P$ ) ошибок восстановления меридиональной составляющей средней скорости ветра менее  $\pm 1 \dots \pm 4$  м/с и более  $\pm 4$  м/с, полученных с помощью оптимальной экстраполяции и ММГУА по станциям Нестеров (1) и Ковель (2)**

Слой восстановления, м	Вероятность, $P$										$E$	
	$\leq \pm 1^\circ \text{ м/с}$		$\leq \pm 2^\circ \text{ м/с}$		$\leq \pm 3^\circ \text{ м/с}$		$\leq \pm 4^\circ \text{ м/с}$		$> \pm 4^\circ \text{ м/с}$			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
200-800	0,45	0,65	0,65	0,95	1	1	1	1	0	0	1,7	1,6
200-1200	0,40	0,70	0,65	1	0,95	1	1	1	0	0	1,9	1
200-1600	0,40	0,70	0,70	1	0,95	1	1	1	0	0	1,9	1
200-2000	0,35	0,70	0,80	1	0,95	1	0,95	1	0,05	0	1,7	0,9
200-4000	0,30	0,60	0,65	0,90	0,95	1	1	1	0	0	2	1,5
200-6000	0,30	0,60	0,65	0,90	0,95	1	1	1	0	0	2,2	1,8
200-8000	0,35	0,65	0,70	1	0,95	1	1	1	0	0	2	1,6

Таким образом, как показали результаты численных экспериментов, применение процедуры оптимального комплексирования двух методов (оптимальной экстраполяции и ММГУА) в задаче пространственного прогноза мезомасштабных полей температуры и ветра является достаточно перспективным. Поэтому данный подход может быть с успехом использован в зада-

чах численной оценки пространственного распространения загрязняющих веществ в условиях отсутствия данных аэрологических наблюдений вдоль траектории этого распространения.

В заключение следует отметить, что полученные результаты, естественно, требуют дополнительной проверки на более полном статистическом материале, однако это является предметом наших дальнейших исследований.

Авторы настоящей статьи благодарны В.И. Лобанову, любезно предоставившему оригинальный материал полигонных аэрологических наблюдений.

1. Комаров В.С., Креминский А.В. // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. N 7. С. 941–957.
2. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 423 с.
3. Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 376 с.
4. Брюхань Ф.Ф. Методы климатической обработки и анализа аэрологической информации. М.: Гидрометеоздат, 1983. 112 с.
5. Зуев В.Е., Комаров В.С. Статистические модели температуры и газовых компонент атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 264 с.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
29 декабря 1994 г.

**V. S. Komarov, A. V. Kreminskiy. Optimum Integration of Alternative Methods of Space Forecasting in Atmospheric and Ecological Monitoring. P. II. Results of Numerical Experiments.**

The results of numerical experiments on estimating the quality of space forecasting of temperature and wind vertical profiles are discussed in the paper. The estimation was made based on optimum integration of alternative methods (polynomial approximation, optimal extrapolation, and MGAAM) as well as on aerological observations data obtained at typical mesometeorological proving grounds. It is shown by the concrete examples that maximum forecasting accuracy characterizes the algorithm which optimally integrates such methods as optimal extrapolation and modified version of GAAM (Group account of arguments methods). Insignificant errors resulted in this case from the integration allow wide applicability of the method to diagnosing and forecasting the atmospheric pollution level in regions devoid of aerological observations data.