

УДК 551.555.9

Семергей-Чумаченко А.Б., к.геогр.н.

Одесский государственный экологический университет

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИЖНЕЙ ТРОПОСФЕРЫ НАД УКРАИНОЙ ПЕРЕД ВОЗНИКНОВЕНИЕМ СМЕРЧЕЙ

Оцениваются условия зарождения смерчей над Украиной. Исследуются два случая прохождения смерча над Одесской областью. Приведен анализ гидродинамических характеристик нижней тропосферы в период возникновения вихрей.

Введение. Для территории Украины, как и для всей Европы, смерчи являются довольно редким и чрезвычайно опасным явлением, способным причинять значительный материальный ущерб и приводить к человеческим жертвам. Чрезвычайные ситуации, обусловленные гидрометеорологическими факторами, наблюдающиеся в Украине в течение последних лет, заставляют искать возможности предотвращения или минимизации их разрушительных последствий.

Смерчи отмечаются над всей поверхностью Земного шара. Их количество резко уменьшается в полярных районах, и полностью они отсутствуют в Арктике, Антарктике и в экваториальных широтах. Наибольшей активностью они отличаются над США и Австралией. В среднем за год в мире наблюдается от 1000 до 1500 смерчей, из них половина в США. Особенно в области наибольшей повторяемости смерчей – 20...30 °с.ш. [1, 2, 5]. Например, в начале марта 2007 г. в течение рекордной по активности торнадо недели в США прошли 289 ураганов [8].

Степень изученности механизма явления, процессов его образования и развития, а также прогнозирование крайне ограничены [1-3, 5, 8]. Причиной этого является локальность, трудности регистрации и практически полное отсутствие случаев прохождения смерчей через метеорологические станции.

Цель работы – исследовать комплекс аэросиноптических условий и расчетных гидродинамических характеристик накануне возникновения смерчей в Одесской области в течение последних 5-ти лет.

Материалы и методы исследования. В работе использован пакет аэросиноптических материалов за 14-15 июля 2002 г. и 25-26 мая 2005 г.: данные радиозондирования над станциями Украины, комплект синоптических карт за 00 СГВ, 8-срочные кольцевые карты погоды, карты облачности и конвективных явлений над Украиной.

Методы исследования – аэросиноптический анализ, расчет и анализ основных гидродинамических характеристик атмосферы: адвекция вихря скорости, относительный вихрь скорости, адвекция температуры, адвекция влаги. Указанные характеристики рассчитаны с помощью программы CAL-

CADV2 для полигона (38...52° с.ш. и 24...38° з.д.), состоящего из 100 точек с шагом через 2°.

Результаты исследования и их анализ

Над Украиной с 1 марта 1960 г. по 1 марта 2004 г. зарегистрирован 71 смерч, из них 4 в Одесской области. Максимальная повторяемость приходится на июль и июнь – 25 и 23, соответственно [4-6]. В среднем смерчи отмечаются с мая по август [7].

На протяжении последних 5 лет происходит усиление смерчеобразования в Крыму: вихри зафиксированы 2 раза в 2002 г., по одному случаю было в 2003, 2004 и 2006 гг. [9]. Например, последний смерч, наблюдавшийся 29 сентября 2006 г., сохранялся около часа, с 10 ч 30 мин до 11 ч 20 мин местного времени и причинил значительный убыток городу.

С 2002 г. до настоящего момента на территории нашего региона зафиксировано только 2 случая, однако их последствия оказались существенными для местных жителей.

Так, смерч, прошедший 15 июля 2002 г. в 4.35 местного времени через села Новопетровка и Софиевка Ширяевского района Одесской области причинил значительный ущерб местному населению и сельскому хозяйству. Интересен тот факт, что смерч не засекали ни на одной метеостанции. С 14 по 16 июля не было отмечено ни одного опасного явления даже ближайшими метеостанциями Затишье и Любашовка.

Теперь перейдем к анализу аэросиноптической обстановки, благоприятной для развития смерчей. Так, погоду над югом Украины 14 и 15 июля 2002 г. определял циклон с центром в Крыму, а на севере страны в течение двух суток располагался малоподвижный полярный фронт с волнами (рис. 1).

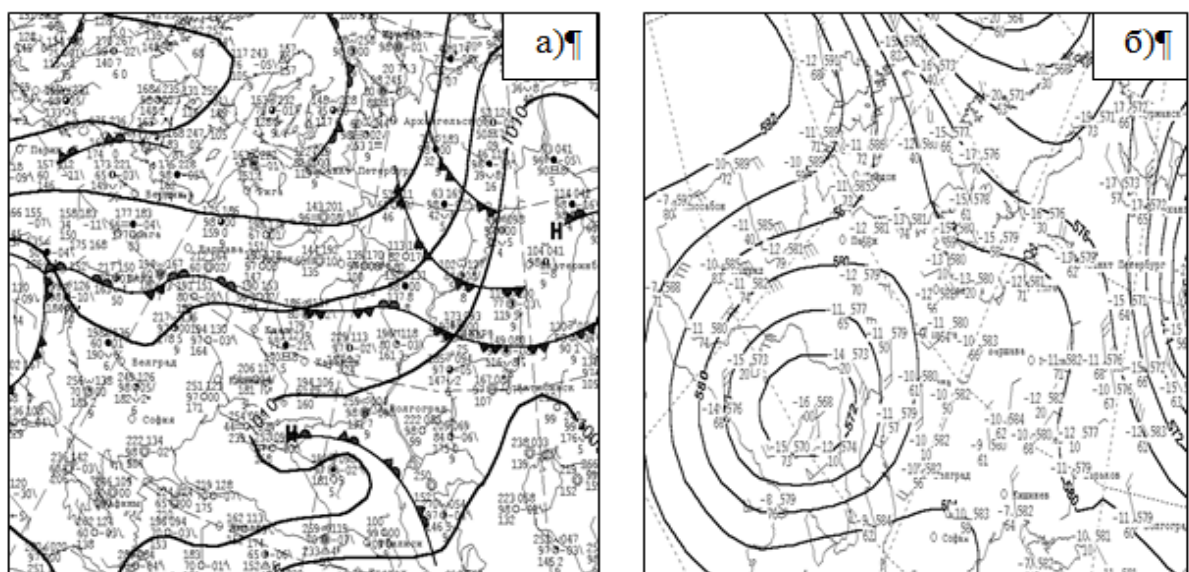


Рис. 1 – Приземный анализ (а) и АТ500 (б) за 15 июля 2002 г.

Над юго-западом Украины за 24 ч до возникновения смерча образовался мезоциклон в обширной полосе пониженного давления на юге Европы, прослеживающийся как участок замкнутой циркуляции до уровня 500 гПа, что благоприятно для смерчеобразования (рис. 1б).

Расчет основных гидродинамических характеристик на уровнях 850 и 700 гПа (рис. 2) показал, что значения вихря скорости на уровне 850 гПа распределены неоднородно.

<u>AT-700</u>									<u>AT-850</u>								
$\Omega_z, \times 10^5 \text{ c}^{-1}$									$\Omega_z, \times 10^5 \text{ c}^{-1}$								
22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0		22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	
42.0	-4.1	-4.1	-9.8	1.6	-7.7	-2.0	-2.0	-2.0	42.0	-3.7	-2.0	-5.7	3.7	-2.0	-9.4	3.7	0.0
40.0	5.7	-3.6	5.7	0.0	-3.6	0.0	2.1	7.8	40.0	0.0	-2.1	-7.8	-2.1	5.7	-3.6	0.0	5.7
38.0	4.4	8.8	14.6	8.8	3.1	10.2	2.2	2.2	38.0	-1.3	6.6	14.6	8.8	-1.3	8.0	2.2	0.0
36.0	0.0	-2.3	-8.2	-2.3	0.0	0.0	9.4	-5.8	36.0	0.0	-2.3	-2.3	-11.7	5.8	5.8	0.0	0.0
34.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	6.0	2.4	34.0	0.0	3.5	-11.9	-2.4	-2.4	-2.4	3.5	0.0
32.0	-3.6	0.0	-6.1	-2.6	-2.6	1.0	-13.8	-1.6	32.0	0.0	0.0	-3.6	6.1	-6.1	-2.6	3.6	0.0
30.0	-2.7	-9.1	-2.7	-2.7	0.0	-3.6	10.0	-5.4	30.0	-3.6	-3.6	9.1	-6.3	2.7	6.3	-2.7	-13.6
28.0	-3.7	2.9	2.9	6.6	-6.6	-7.4	6.6	16.1	28.0	-6.6	-2.9	-13.2	10.3	-3.7	0.0	-11.1	29.3
$A_{\Omega_z}, \times 10^{10} \text{ c}^{-2}$							$A_{\Omega_z}, \times 10^{10} \text{ c}^{-2}$										
24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0		24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0					
40.0	-8.9	-4.4	-25.7	-7.5	-1.1	10.4	40.0	-16.2	-14.0	20.9	-3.6	-27.8	14.9				
38.0	-1.8	9.7	0.0	-1.6	-0.6	-5.6	38.0	11.4	-2.3	0.0	-0.7	-1.6	-5.6				
36.0	17.5	13.0	-4.9	1.1	1.1	4.2	36.0	1.7	20.1	4.4	-10.2	11.6	0.0				
34.0	5.2	-1.5	-4.8	3.8	-10.2	11.7	34.0	1.7	0.0	-19.2	17.6	8.0	-2.6				
32.0	3.9	1.3	1.4	-2.7	11.3	-3.0	32.0	0.0	-6.6	1.0	-10.5	-5.9	4.7				
30.0	-2.3	-9.2	-12.3	6.3	19.8	-36.3	30.0	2.3	7.6	-8.3	6.2	-6.3	-15.6				
$A_{\Omega_z}, \times 10^5 \text{ K c}^{-1}$									$A_{\Omega_z}, \times 10^5 \text{ K c}^{-1}$								
22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0		22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	
42.0	-4.1	-5.5	-0.5	-0.7	0.7	3.8	2.3	3.1	42.0	-0.8	0.8	1.1	1.2	0.8	-0.1	-5.9	-6.1
40.0	5.4	3.9	9.4	11.6	-1.7	-17.4	-11.7	-5.0	40.0	1.2	3.7	3.4	-2.1	-2.3	-0.7	-1.7	-1.6
38.0	-0.3	-0.3	-2.4	0.0	2.3	-5.9	-2.5	1.5	38.0	-1.4	-2.9	-0.5	0.0	-1.4	-2.2	-0.6	0.0
36.0	-2.1	-1.3	-5.1	-11.9	-22.3	-18.1	4.6	10.5	36.0	0.0	-0.6	-2.6	-2.9	-0.1	1.1	0.0	0.0
34.0	4.4	4.8	-12.6	-26.4	-15.8	5.0	8.4	2.9	34.0	0.0	0.9	0.0	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.0
32.0	-7.4	-5.0	-9.1	-2.9	13.9	9.6	6.8	4.9	32.0	0.0	0.0	-1.3	-1.9	-2.3	-5.2	-1.2	0.0
30.0	-4.2	1.6	-1.8	-0.8	9.4	13.2	11.9	10.0	30.0	2.1	-2.4	-2.5	-2.3	-4.9	-3.7	-1.8	-6.3
28.0	0.4	9.3	0.0	-5.9	-4.5	4.9	14.8	12.3	28.0	1.9	0.8	-3.3	-1.7	-0.5	-1.0	-9.3	-11.7
$A_T, \times 10^5 \text{ K c}^{-1}$									$A_T, \times 10^5 \text{ K c}^{-1}$								
22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0		22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	
42.0	0.7	0.5	-20.2	-13.5	7.6	6.9	5.4	42.0	2.2	-0.6	-2.9	-1.0	2.7	-2.2	-5.3	-4.5	
40.0	1.3	1.3	-0.7	-3.4	-3.4	-1.7	-6.3	40.0	1.2	0.8	-3.4	-6.3	-0.6	2.1	-1.4	-0.8	
38.0	6.9	3.2	-8.4	-4.4	-2.4	3.5	3.2	38.0	0.4	0.4	-0.5	0.0	-1.6	0.5	0.8	0.0	
36.0	5.4	3.9	-8.9	6.2	10.5	9.1	-7.4	36.0	0.0	-0.4	-1.7	-1.3	-3.9	-1.3	0.0	0.0	
34.0	2.9	6.3	-5.4	-2.4	2.2	-8.2	-20.9	34.0	0.0	1.4	0.0	-1.0	-2.3	-0.7	0.7	0.0	
32.0	4.1	-5.7	-7.3	4.7	10.9	10.2	-8.1	32.0	0.0	0.0	-1.4	-0.8	-0.9	-1.4	0.4	0.0	
30.0	-7.7	-19.0	7.5	9.2	-1.5	-1.1	-0.2	30.0	2.0	-2.1	-1.6	-1.4	-3.0	-3.0	-1.4	2.7	
28.0								28.0	3.3	-0.1	-2.0	-1.4	-0.7	-3.1	-13.5	-6.0	

Рис. 2 – Результаты расчета основных гидродинамических характеристик 15 июля 2002 г., 00 СГВ.

Причем отрицательные значения наблюдаются на широте Харькова, над Грецией и над югом Турции, а положительные значения отмечаются над Белградом, Кишиневом, над Крымским полуостровом. Выделяются два минимума: над Бухарестом ($-11,9 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$) в малоградиентном поле пониженного давления в области активного затора холода и восточнее Анкары ($-13 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$), что соответствует полю пониженного давления, расположенного на оси термической ложбины. На уровне 700 гПа завихренность распределяется аналогично уровню 850 гПа.

Адвекция температуры на уровнях 850 и 700 гПа над большей частью полигона отрицательна с минимумом ($-13,5 \times 10^{-5} \text{ К} \cdot \text{с}^{-1}$) над югом Турции, где расположен очаг холода. В целом, на исследуемый регион распространяется обширная ложбина холода, на восточную периферию которого вторгается гребень тепла (ему соответствует область положительных и нулевых значений).

На уровне 850 гПа отмечаются незначительные отрицательные значения значения адвекции дефицита влаги, что свидетельствует о перемещении влажного воздуха на исследуемую территорию.

Таким образом, район образования смерча 15 июля 2002 г. находится в области положительных значений вихря скорости, а на поверхности AT_{850} прослеживается значительная адвекция вихря. Территория Одесской области находится между термически неоднородными воздушными массами и на AT_{850} над ней одновременно происходит заток холодного воздуха с севера на юг и теплого с востока на запад.

Другой случай возникновения смерча в Одесской области, приведшего к человеческим жертвам в порту г. Белгород-Днестровский, был зафиксирован 26 мая 2005 г., когда в центральных районах Одесской области и г. Одесса наблюдалась сильная гроза, сопровождавшаяся градом и порывами шквального ветра (рис. 3).

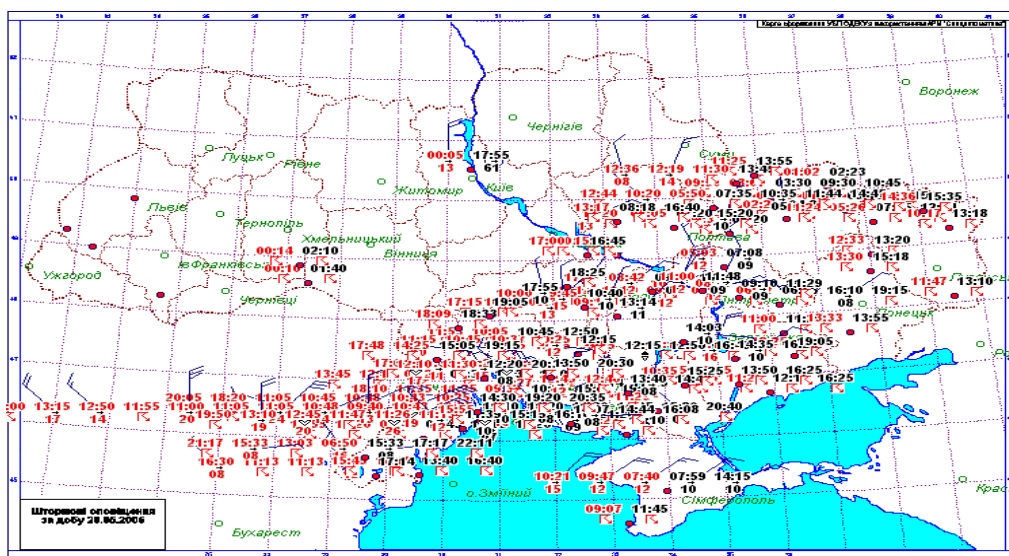


Рис. 3 – Карта опасных явлений погоды над Украиной 26 мая 2006 г.

В тот день погоду над Украиной обуславливал антициклон с центром над Германией и фронт окклюзии, расположенный между Харьковом и Киевом (рис. 4), поэтому Одесса и центр области находились в зоне повышенных барических градиентов между антициклоном над Западной Европой и ложбиной над Турцией. Анализ термобарических полей на высотах выявил заток холода на западные регионы Украины и Румынии при наличии четко выраженного гребня тепла над центральной и восточной Украиной и севером России. На поверхности 850 гПа над Одесской областью прослеживался локальный очаг тепла (16°C), основной поток воздуха направлен с востока на запад, скорость ветра не снижалась менее $10\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

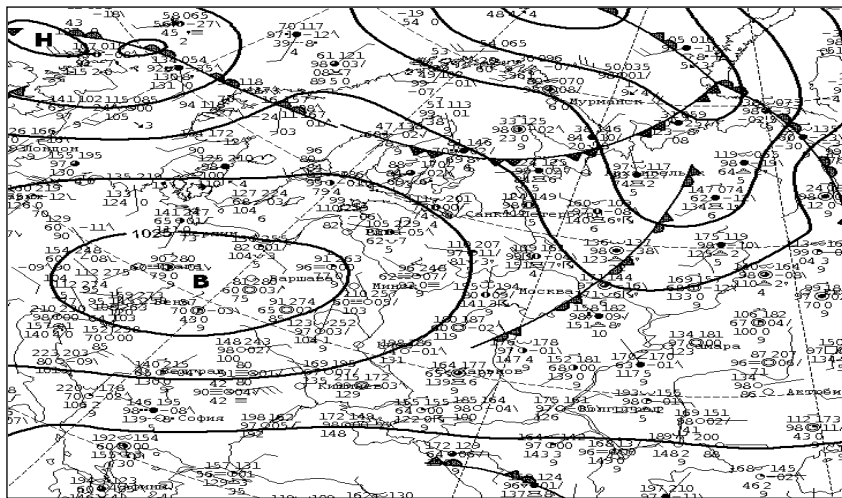


Рис. 4 – Приземный анализ 26 мая 2005 г.

Расчет основных гидродинамических характеристик на уровнях 850 и 700 гПа показал, что 26 мая над районом формирования смерча наблюдались положительные значения завихренности (рис. 5а). Адвекция завихренности носила очаговый характер (рис. 5б) с максимальным значением в районе Одессы. На обоих уровнях адвекция вихря скорости над Одессой и Белгород-Днестровским положительна.

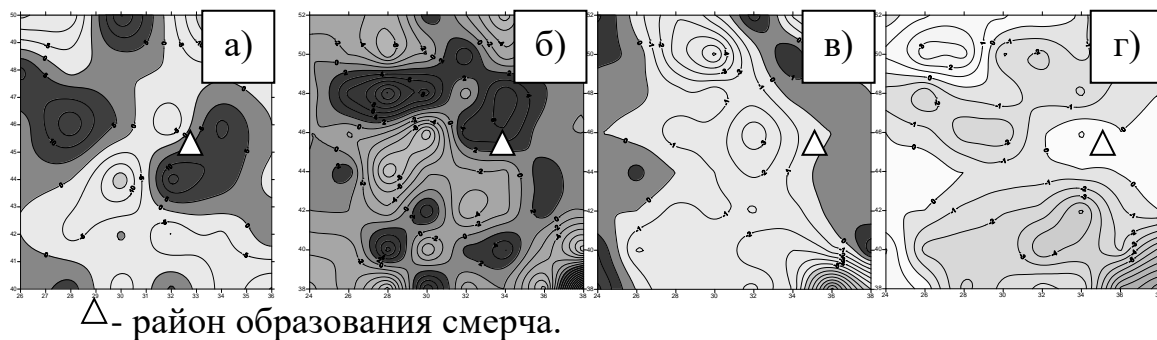


Рис. 5 – Результаты расчета основных гидродинамических характеристик 26 мая 2005 г., 00 СГВ.

На уровне 850 гПа преобладает адвекция холода с вторжением тепла (рис. 5в) на восточные и южные регионы Украины, что способствует развитию конвективных процессов. Там же доминировали незначительные отрицательные значения адвекции дефицита (рис. 5г), что говорит о перемещении в Одесскую область влажной воздушной массы.

ВЫВОДЫ

1. Синоптическая ситуация при смерчах 15 июля 2002 г. и 26 мая 2005 г. благоприятна для реализации смерчеопасных ситуаций, часто встречающихся в летнее время.

2. Анализ полей гидродинамических характеристик при исследовании смерчей эффективно дополняют традиционный аэросиноптический.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будилина Е.Н., Прох Л.З., Снитковский А.И. Смерчи и шквалы умеренных широт. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 32 с.

2. Васильев А.А., Песков Б.Е., Снитковский А.И. Смерчи 9 июня 1984 г. - <http://www.meteocenter.net/meteolib/tornado1984.htm>.

3. Волеваха В.А., Башкирова Л.Е., Волконская Н.К. О возможности прогнозирования смерчей на Украине //Труды УкрНИГМИ. - 1987. - Вып. 225. – С. 55-63.

4. Волеваха В.А., Токарь Н.Ф. Шквалы и смерчи на Украине в 1984-1985 гг. // Труды УкрНИГМИ. - 1987. - Вып. 225. – С.46-55.

5. Ивус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Смерчи и струйные течения низких уровней (обзор литературных источников) // Культура народов Причерноморья. – 2006. - № 73. - С. 156-158.

6. Каталог смерчей, которые наблюдались на территории Украины в 1987-2003 гг. - ВМП Укр ГМЦ. - 145 с.

7. Клімат України. - К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.

8. <http://www.noaa.gov/tornadoes.html>.

9. <http://www.pogoda.ru.net/weathernews.php>.

SUMMARY

A. Semergey-Chumachenko

THE HYDRODYNAMIC CHARACTERS OF LOW TROPOSPHERE ABOVE UKRAINE BEFORE TORNADO'S RISING

The conditions of tornado's rising are estimated above Ukraine. The two episodes of tornado in Odessa's region are investigated. Analyze of hydrodynamic characters of low troposphere during tornados is resumed.