

Министерство образования и науки Украины
Одесский государственный экологический университет

На правах рукописи

ЗУБКОВИЧ СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА

УДК 551.555.9

**ВЗАИМОСВЯЗЬ СТИХИЙНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
ЯВЛЕНИЙ И ВЕТРОВЫХ АНОМАЛИЙ НАД
ВОСТОЧНОЙ УКРАИНОЙ**

11.00.09 – метеорология, климатология, агрометеорология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
Ивус Галина Петровна
кандидат географических
наук, профессор

Одесса – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЖИМА ВЕТРА НАД ВОСТОЧНЫМИ РАЙОНАМИ УКРАИНЫ.....	13
1.1. Теоретические и методологические исследования ветра в эпоху климатических изменений.....	13
1.2. Региональные физико-географические особенности восточных районов Украины	20
1.3. Оценка защищенности и репрезентативности метеорологических станций в исследуемом регионе	24
1.4. Анализ нарушения однородности рядов характеристик ветра и степени открытости ветроизмерительных приборов	27
ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 1	30
РАЗДЕЛ 2	
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛЯ ВЕТРА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ УКРАИНЫ	31
2.1. Режим скорости ветра.....	31
2.1.1. Краткое описание исходных данных	31
2.1.2. Статистическая оценка полей скорости ветра зимой и летом	32
2.1.3. Характер изменения полей скорости ветра весной и осенью.....	40
2.2. Режим направлений ветра над заданным районом	47
2.3. Особенности условий формирования слабого ветра, способствующие загрязнению атмосферного воздуха городов: Донецк, Днепропетровск, Харьков.....	52
2.3.1. Урбометеорологические факторы загрязнения атмосферного воздуха для городов с населением миллион и более человек.....	52

2.3.2. Статистическая оценка уровней загрязнения атмосферного воздуха пылью.....	57
2.3.3. Прогноз метеорологических условий высоких уровней загрязнения (на примере г. Харькова).....	63
ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 2.....	72
РАЗДЕЛ 3	
МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ И МЕЗОМАСШТАБНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ И СТИХИЙНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВЕТРОМ, НАД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЬЮ УКРАИНЫ	
3.1. Типизация синоптических процессов, связанных с сильным ветром	74
3.2. Пространственно-временная статистическая оценка сильных ветров.....	86
3.3. Сравнительная синоптическая характеристика шквалов, смерчей	89
3.4. Стихийные явления, связанные с сильными метелями, пыльными бурями.....	94
ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 3	97
РАЗДЕЛ 4	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРОНТАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ОПАСНОГО ВЕТРА	
4.1. Количественная оценка зон ветра $\geq 15 \text{ мс}^{-1}$.. в зимнее время.....	98
4.2. Определение зон опасного ветра осенью	106
ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 4	114
ВЫВОДЫ	115
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	118
ПРИЛОЖЕНИЕ	133
Приложение А	134
Приложение Б.....	158
Приложение В.....	198

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АМСГ – авиационная метеорологическая станция гражданская

ВМО – Всемирная метеорологическая организация

ВФЗ – высотная фронтальная зона

НСТ – неустойчивый

МСТ – метеорологическая станция

МУЗ – метеорологические условия загрязнения

ОЯ – опасные гидрометеорологические явления

ПСА – пограничный слой атмосферы

СГЯ – стихийные гидрометеорологические явления

ФП – фронтальный параметр

ЦГО – Центральная геофизическая обсерватория

UTC – United Time Centered

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Особенности поля ветра у поверхности земли формируются взаимодействием циркуляционных механизмов с местными физико-географическими и климатическими условиями района исследования. Ветер – это горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности под действием силы барического градиента. Знание характеристик ветра [2, 44] имеет колоссальное значение для жизни человека, для всех видов деятельности: при строительстве высотных зданий, телевышек, проектировании новых производственных комплексов и новых населенных пунктов. Хорошо известна положительная роль ветра: очищать атмосферу города от пыли, промышленных загрязнений [9,101].

При расчетах и прогнозировании параметров загрязнения атмосферы, особенно в больших городах, необходимо знание характеристик ветра, так как прослеживается связь катастрофических экологических ситуаций с реальными метеорологическими условиями. Восток Украины – густонаселенная территория с развитой промышленностью. Процессы урбанизации достигли наибольших размеров в Харьковской, Луганской, Донецкой, Днепропетровской областях. Из пяти городов – миллионников Украины три находятся в вышеназванных областях [134]. Как известно, Восточная Украина относится к территориям с интенсивной антропогенной нагрузкой на природную среду [67], поэтому возрастает важность надежности прогностической информации. Краткосрочный прогноз метеорологических условий загрязнения (МУЗ) требует привлечения критических значений метеорологических величин, которые характеризуют условия вертикального перемешивания и горизонтального переноса в момент накопления вредных примесей, и типов синоптических ситуаций, при которых наблюдается высокий уровень загрязнения [18, 28, 86, 66, 127]. Кроме того, ветер является одним из источников энергетических ресурсов. Существенная доля

инвестиций по энергосберегающим технологиям лежит в плоскости использования ветроэнергетики [1, 12]. Г.В. Матушевский приводит данные, что существуют планы некоторых европейских стран довести мощность ветроэнергетических установок до десятков мегаватт (в пределах территории бывшего СССР – около 1 мВт), а их долю в общем энергобалансе до 40% [65]. Донецкая и Харьковская области являются перспективными по внедрению ветровой энергетики, но необходимо иметь надежные современные характеристики поля ветра в эпоху климатических изменений.

Для решения многих прикладных задач [18, 44, 65, 78], необходимы сведения о максимальной скорости ветра различных направлений, возможных один раз в год, 5, 10, 20 лет. Всем известен возможный ущерб от сильного ветра: разрушаются постройки, повреждаются линии электропередач, выдувается верхний плодородный слой почвы, посевы [13,15]. В сельском хозяйстве ветер, в значительной степени, влияет на обеспеченность влагой сельскохозяйственных культур [62]. Начало нового столетия знаменуется заинтересованностью научной общественности проблемами изменения климата и пониманием того факта, что климатическая система, будучи открытой, может изменять состояние своего термодинамического равновесия под влиянием метеорологических факторов, показателей антропогенного происхождения и др. Большая часть научных работ по исследованию изменения климата посвящена изменению температуры воздуха, осадкам, давлению [7, 17, 20, 76, 105, 108, 112] и в меньшей мере – характеристикам ветра. Актуальной остается задача оценки изменения климата, в том числе циркуляционных условий.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Тема диссертационной работы соответствует основным направлениям научной деятельности кафедры теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов Одесского государственного экологического университета и выполнена в составе научно-исследовательских работ:

- «Загальна характеристика метеорологічної та аерологічної інформації ст. Одеса-обсерваторія у сучасну кліматичну епоху» №ДР 0106U007997, 2006-2007 рр.;

- «Синоптико-статистичний аналіз та прогноз метеорологічних умов забруднення атмосфери над Північно-Західним Причорномор'ям», №ДР 0109U002141, 2008- 2012 рр.;

- «Разробка та вдосконалення методів прогнозу метеорологічних умов забруднення атмосфери над промисловими районами Одеси» № ДР0113U007881, 2013 -2017 рр.

- **Цель и задачи исследования** состоят в определении статистических характеристик полей ветра и выявлении типичных синоптических ситуаций, приводящих к опасным и стихийным явлениям, связанных с ветром, в том числе и формирование слабого ветра для городов с населением более миллиона человек, оценки влияния метеорологических условий на загрязнение воздуха в них.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- Провести анализ изменений скорости и направления ветра в конце XX и в первое десятилетие XXI ст. над восточными районами Украины;

- Определить влияние физико-географического фактора на статистические характеристики скорости ветра;

- Выявить основные тенденции изменения циркуляционных процессов, при которых формируются опасные и стихийные гидрометеорологические явления, связанные с увеличением скорости ветра $\geq 25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, в условиях глобального изменения климата;

- Создать каталог типичных синоптических ситуаций над восточными областями Украины за 20 лет, которые формируют погодные условия над районом исследования;

- Усовершенствовать методы прогноза зон сильного ветра с использованием фронтального параметра и относительного вихря.
- Проанализировать влияние метеорологических условий на формирование высоких уровней загрязнения для городов с населением больше одного миллиона жителей (на примере г. Харькова).

Объект исследования – скорость и направление ветра, а также циркуляционные условия, которые формируют ветровые аномалии.

Предмет исследования – синоптические процессы, которые обуславливают формирование стихийных гидрометеорологических явлений над восточными районами Украины.

Методы исследования – физико - статистические методы анализа временных рядов характеристик ветра, методы аналогичности при составлении типизации синоптических процессов, синоптико-климатический анализ, географическое обобщение метеорологических величин.

Исходные данные, использованные в исследовании. Основная выборка наблюдений за скоростью и направлением ветра в основные и промежуточные сроки в центральные месяцы сезонов на 30 метеостанциях Донецкой, Луганской, Днепропетровской и Харьковской областей составлена на основе данных книжек метеорологических наблюдений КМ-1. Рассмотрено более чем 442800 результатов наблюдений скорости и направления ветра за период 1997-2012 гг. В процессе исследования синоптических процессов в качестве исходной информации взяты приземные синоптические карты, а также высотные карты барической топографии интернет - архива АРМсин кафедры теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов Одесского государственного экологического университета (ОГЕКУ). Характеристики загрязнения и величины метеорологических параметров за исследуемый период, зафиксированные на стационарных постах по контролю загрязнения атмосферного воздуха, выбраны из записей книжек КЗА, журналов прогнозов метеорологических

условий заґрязнення (МУЗ) Харківського регіонального гідрометеорологічного центру (РГМЦ).

Научна новизна отриманих результатів складається в комплексному статистичному обґрунтуванні змін режиму вітрового режиму та регіональних синоптичних процесів над східними районами України в кінці ХХ та в початку ХХІ ст. в умовах глобального зміни клімату.

Вперше:

- Розроблено та реалізовано каталог синоптичних ситуацій за двадцятирічний період в кінці ХХ та в початку ХХІ ст. (1993-2012 гг.) на досліджуваній території.
- Обґрунтовано можливість використання розрахунків фронтального параметра та відносного вихря для кількісного аналізу зон небезпечного вітру над територією дослідження в зимній та осінній сезони.

Удосконалено:

- типізацію синоптичних процесів, що визначають вітровий режим східного регіону України для основних місяців кожного сезону, та її використання для визначення циркуляційного параметра Кц для прогнозу метеорологічних умов заґрязнення.

Отримало подальше розвиток:

- вивчення режиму слабого вітру для урбанізованих міст з населенням більше 1000000 осіб;
- моделювання динаміки змін циркуляційних процесів та порівняння отриманих результатів з типізацією атмосфери Б.Л. Дзердзевського для внутропічних широт;
- оцінка впливу циркуляційних умов на характеристики сильного вітру.

Практичне значення отриманих результатів складається в наступному. Отримані тенденції змін характеристик вітру,

типизации синоптических процессов могут быть использованы при прогнозировании динамики региональных изменений климата, при разработке физико-статистических методов метеорологических прогнозов, при решении прикладных задач в строительстве, сельском хозяйстве, энергетике, при разработке добычи сланцевого газа на данных территориях.

Статистические характеристики ветра за данный период являются частью климатологической информации для объектов хозяйственной деятельности на территории востока Украины.

Основные результаты диссертации используются в учебном процессе Харьковского гидрометеорологического техникума Одесского государственного экологического университета: в курсе лекций и лабораторных занятий дисциплин «Климатология», «Синоптическая метеорология» и «Физика атмосферы» при проведении учебных практик, написании курсовых работ (акт внедрения). Частично результаты исследования используются в оперативной синоптической практике Харьковского РГМЦ, а именно: каталог синоптических процессов, уточнение циркуляционного параметра Кц, определение зон опасных ветров с помощью фронтального параметра (акт внедрения).

Личный вклад соискателя. Постановка научного задания исследования выполнена автором совместно с научным руководителем.

Соискателем самостоятельно получены следующие результаты:

- Произведен физико-статистический анализ режима ветра и случаев СГЯ, связанных с ветром, с 1997 по 2012 гг. с использованием данных синоптического материала: приземных карт, карт абсолютной (AT_{850} , AT_{700} , AT_{500} , AT_{300}) и относительной (OT-500/1000) топографии, данных книжек наблюдения КМ-1, спутниковых снимков;
- составлен каталог синоптических процессов за 20-летие (1993-2012 гг.), который отображает динамику изменений циркуляции атмосферы на востоке Украины;

- найдены качественные предикторы для зимних случаев определения зон опасных ветров;
- уточнен коэффициент циркуляции (Кц) для методики прогнозирования метеорологических условий загрязнения (МУЗ) атмосферного воздуха на примере г. Харькова, произведен анализ угла закрытости горизонта метеорологических станций востока Украины.

В научных работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад диссертанта состоит в практической реализации, т.е. в обработке и анализе метеорологической и синоптической информации, проведении ряда численных расчетов и интерпретации полученных результатов.

Апробация результатов диссертации. Основные научные положения и результаты диссертационной работы представлены на конференциях: молодых ученых ОГЭКУ (Одесса, 2009 г.); международной конференции, организованной Национальной академией наук Украины, Украинским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом «Глобальні та регіональні зміни клімату» (Киев, 2010 г.); международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований - 2010» (Одесса, ОГЭКУ, 2010 г.); международной научно-практической конференции «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво 2014» (Харьков, ХНУ им. В.Н. Каразина, 2014 г.); VIII международной заочной конференции «Сучасні міждисциплінарні дослідження: історія, сьогодення, майбутнє» секция 17: Географические науки (Киев, 2014 г.); III международной научной конференции «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Харьков, ХНУ им. В.Н. Каразина, 2014 г.).

Публикации. Основные научные положения и результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах, в том числе: 5 статей в специализированных научных периодических изданиях Украины, 2 – в

международных, 9 – в материалах и сборниках тезисов конференций, других изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, списка использованных литературных источников (139 наименований на 15 страницах и 8 ссылок на интернет-сайты) и приложений. Общий объем диссертации составляет 200 страниц, 26 рисунков, 15 таблиц, 3 приложения на 67 страницах.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю кандидату географических наук, профессору Г.П. Ивус за научное руководство диссертацией.

РАЗДЕЛ 1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЖИМА ВЕТРА НАД ВОСТОЧНЫМИ РАЙОНАМИ УКРАИНЫ

1.1. Теоретические и методологические исследования ветра в эпоху климатических изменений

Международная комиссия экспертов в 2007 и в 2013 гг. доложила о тенденциях современных и будущих изменений климата на планете. Вывод исследователей – современное глобальное потепление с вероятностью больше 90 % есть ответ на деятельность человека, а не на природные климатические колебания [41,136]. Эксперты уверены, что в среднем на Земном шаре температура воздуха у поверхности земли до конца XX столетия вырастет на 2,0 °C [136]. Какие это будут изменения? Постепенное возрастание или скачкообразное изменение? Большинство экспертов склоняются ко второму варианту, а это приведет к природным катаклизмам. Быстрое изменение природных условий не даст человечеству приспособить экономику и жизнь к новым природным условиям [14]. Подсчитано, что с середины XVIII столетия средняя температура воздуха у поверхности земли увеличилась больше, чем на 1,2 °C. Увеличение температуры до 2,0 °C- это критическое значение, после которого начнутся невозвратимые изменение состояния атмосферы (уже без влияния человека): парниковый эффект запустит физические процессы и климат будет безвозвратно изменяться. Как это скажется на экономике Украины? Анализ изменений годовой температуры воздуха в Украине за периоды 1900-1960 и 1961-2007 гг., который проведен климатологами Центральной геофизической обсерватории Украины [57] дает возможность проследить быстрое возрастание температуры воздуха в последнее десятилетие: на 1,4 °C в лесной зоне

(Полесье), $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ - лесостепной зоне и на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в степи. Если говорить об изменении температуры в течение года, то наибольшее потепление наблюдается в зимние месяцы ($2,6 - 3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Полесье и лесостепи; $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в степи) весной и летом $1,3\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Полесье и лесостепь) и $0,7\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (степь), а осенью наблюдается незначительное уменьшение температуры: на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на всей территории Украины. Климатологи центральной геофизической обсерватории (ЦГО) г. Киева [57] предполагают, что в следующее десятилетие поле температуры воздуха будет выравниваться: в тех регионах и для тех месяцев, где температура сравнительно высока она практически не изменится, а для тех районов, где сравнительно низкая, - увеличится. Континентальность климата будет уменьшаться, т.е. отличия между сезонами года будут стираться. Уменьшится продолжительность залегания снежного покрова, будет уменьшаться термин сохранения ледяного покрова на речках и озерах. А.Б. Полонский [76], рассматривая тенденции изменения климата Украины, отмечает суперпозицию медленных процессов, обусловленных глобальным потеплением и естественные вариации в системе океан-атмосфера – суша межгодового - десятилетнего масштаба. Типичные аномалии январской температуры и осадков в Восточной Европе (включая и регионы Украины), обусловленные такими процессами, составляют $3 - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $2 - 3\text{ мм}$. Вместе с тем, периодически наблюдаются аномалии, достигающие (или даже превышающие) вдвое больших величин [76]. Отмечаются квазипериодические увеличения повторяемости катастрофических погодно-климатических явлений, которые приурочены к определенным фазам крупномасштабных колебательных процессов в системе океан-атмосфера.

Чувствительность климата к антропогенному влиянию можно изучать не только через изменение глобальной температуры воздуха, осадков, а также изучая изменчивость атмосферной циркуляции, ветрового режима территории, количества опасных и стихийных явлений погоды. Влияние стихийных гидрометеорологических явлений на социально - экономическое развитие общества возрастает. По данным Всемирной Метеорологической

Организации (ВМО) [41] 90% всех глобальных катастроф человечества имеют гидрометеорологическое значение.

В данной работе рассматривается пространственное распределение и повторяемость явлений, объединенных в единую группу: ветер разрушительной силы (сильные ветры, шквалы, смерчи) и их связь с общей циркуляцией атмосферы. Высокая плотность населенных пунктов и промышленных объектов на территории Украины требует повышенного внимания по предотвращению разрушительных последствий стихийных гидрометеорологических явлений, разработки новых методов прогнозирования и их внедрение в оперативную деятельность. При оценке региональных изменений климата многие авторы уделяют внимание трендам изменений температуры, осадков [5, 7, 17, 20, 118] и практически не рассматривают многолетние колебания других метеорологических величин, в частности характеристик ветра. Карты-схемы средней скорости ветра [2, 16, 68, 70] отражают особенности ветрового режима Украины, но охватывают период первой половины прошлого столетия. В своих работах А.В. Мещерская, М.М. Борисенко [71, 72] указывают на общее ослабление средней скорости ветра в Восточной Европе. В.Ф. Логинов [60] акцентирует внимание на уменьшении скорости ветра, зафиксированное преобладающим большинством метеорологических станций Белоруссии. В начале 1970-х гг. произошло резкое снижение скорости ветра, а затем наметилась некоторая стабилизация процесса. Более сильное уменьшение скорости ветра происходило в середине 1990-х гг. Анализ данных по работающим с начала XX ст. метеорологическим станциям показал, что подобные продолжительные периоды падения скорости ветра уже имели место. Уменьшение скорости ветра примерно на такую же величину (в 2 раза и менее) наблюдалось с 1906 по 1928 гг. [71, 72]. Как известно, антропогенная нагрузка и урбанизация способствуют загрязнению воздушных бассейнов городов, а увеличение количества слабых ветров и штилей, при определенных видах синоптических образований, приводит к ухудшению состояния

атмосферного воздуха, к созданию так называемых «куполов тепла» [19, 28, 105]. Скорость ветра действует на поле концентрации у поверхности земли в зависимости от высоты источника загрязнения. При низко расположенном источнике выброса слабые ветры приводят к увеличению концентрации в приземном слое и образованию застойных ситуаций; при высоко расположенных источниках - концентрация у поверхности земли уменьшается; переменное направление ветра, также способствует рассеиванию загрязняющих веществ. С.И. Снежко, О.Г. Шевченко [85] подчеркивают, что влияние направления ветра на загрязнения атмосферного воздуха определяется не только расположением источников выбросов, а также рельефом местности, планом застройки и местной циркуляцией. Плотная застройка способствует образованию каньонов, попадая в которые воздух изменяет направление и двигается вдоль него. Расчет параметров загрязнения атмосферы требует точных ветровых характеристик, отвечающих современным климатическим изменениям.

В последнее десятилетие многие ученые отмечают увеличение количества стихийных гидрометеорологических явлений [58, 74]. Так, многолетний статистический анализ данных показывает, что на территории России чаще всего (более чем в 40% случаев) зафиксированы такие стихийные гидрометеорологические явления, как «ветры разрушительной силы»- смерчи, шквалы, сильные ветры, ураганы [8]. А.Л. Козаков указывает, что в период с 1992 по 2006 гг. повторяемость СГЯ, связанных с ветром, наблюдалась в Украине в 30% случаев [44, 45]. Ветер является универсальной характеристикой состояния атмосферы. В зависимости от времени года грозы, метели, ливневые осадки, снегопады часто могут сопровождаться сильным ветром, вызывать разрушения, создавать затруднения в разных отраслях экономики, представляя угрозу жизни и здоровью граждан [4, 8, 74, 83, 93]. В.Ф. Мартазинова, А.М. Петросянц [63, 75] связывают режим ветра с изменением общей циркуляции атмосферы на фоне глобальных климатических колебаний. Климатообразующим фактором

атмосферная циркуляция не является, так как ее состояние зависит от природных и антропогенных причин. В то же время она формирует и включает в себя весь комплекс погодных условий и, следовательно, это лучший индикатор изменений регионального климата [63]. Крупномасштабная циркуляция атмосферы над Северным полушарием является трехвихревой системой, которая зимой состоит из трех центров высокого давления – Сибирского, Канадского и Азорского максимумов и трех минимумов между ними – Алеутского, Исландского и Европейской ложбины [64]. Изменение циркуляции атмосферы от десятилетия к десятилетию на протяжении XX столетия происходило за счет смещения центров действия атмосферы к западу в первой половине и к востоку – во второй половине XX ст. Произошедшее преобразование поля давления на уровне моря к концу прошлого столетия над Атлантико-Европейским сектором аналогично состоянию поля давления первого десятилетия прошлого столетия [117]. По оценкам В.Ф. Мартазиновой при изучении крупномасштабной циркуляции в период потепления 1984-1995 гг. зимой наблюдаются значительные изменения средней атмосферной циркуляции. Северо - Атлантический максимум смещается на восток, охватывая большую часть территории Европы и западные районы Украины [64]. В своих работах М. А. Петросянц [75] акцентирует внимание на том, что среднесуточные аномалии циркуляции скорости ветра по контурам центров действия атмосферы могут служить показателем аномалий температуры и количества осадков в пределах самого контура, если контур лежит в умеренных широтах. В.О. Балабух [4], изучая траектории движения циклонов, связанных со стихийными количествами осадками, подчеркивает, что изменились траектории их движения. В теплый период большее количество циклонов на территорию Украины перемещается с южной составляющей, двигаясь медленнее, чем раньше, и принося с собой жаркую погоду, значительные осадки и сильные ветры в тыловых частях циклона. На холодных фронтах и фронтах окклюзии отмечаются шквалы [4].

Ветер со скоростью больше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ в Украине наблюдается от 5 до 30 дней [49]. Значительную роль в формировании сильных ветров играет рельеф. Особое место занимают Украинские Карпаты, где расчленение рельефа предопределяет чрезвычайную неоднородность в распределении и повторяемости ветра свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Усиление ветра свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ чаще всего происходит на открытых площадках северо-восточного склона (Пожежевская). Ежегодно там бывают около 100 дней с ветром свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а на массиве Черная гора (высота 2000 м) в отдельные месяцы - 20 - 25 дней, то есть, почти каждый день скорость ветра значительна [49]. Горные системы Украинских Карпат и Крымских гор создают на значительном расстоянии широкую зону относительного ветрового уюта, так называемую ветровую тень. На Закарпатской низменности, защищенной с востока и севера дугой гор, ветер со скоростью свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ наблюдается в среднем до 10 дней за год, а в отдельные годы максимальное их число достигает около 20. Очень редко сильный ветер бывает в глубоких защищенных горных долинах (Селятин), где он отмечается всего 4 дня, а максимальное их число составляет 18 дней за год [49]. Аналогичная картина наблюдается в Крымских горах: в районе Ай-Петри среднее число дней с ветром свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ составляет 70, максимальное - около 100 дней, а в районе Караби-яйлы среднее число сильного ветра превышает 100 дней, в отдельные годы сильный ветер здесь может отмечаться до 200 дней за год, а на Южном берегу Крыма уменьшается в соответствии с 20 и 70 дней и меньше [97]. Изменчивость числа дней с ветром свыше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ растет с увеличением повторяемости сильного ветра. На юго-востоке Украины, в Карпатах и Крымских горах среднее квадратичное отклонение повторяемости сильного ветра составляет 15 дней. На Закарпатской низменности, где частота сильного ветра незначительна, среднее квадратичное отклонение уменьшается до 5 дней, а на остальной территории составляет 10 дней [97]. На открытых местах Донецкой и Приазовской возвышенностях, прибрежных

полосах Азовского моря среднее число сильных ветров колеблется от 40 до 70 дней [49,97].

Значительную ценность представляют данные о максимальной скорости ветра. Пространственное распределение максимальной скорости ветра за год имеет пятнистый характер - выделяются отдельные районы со значительной скоростью ветра (свыше $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$): крайний север, северо- восток, к югу от линии Грач - Лошкаревка – Дебальцево. Такая скорость зафиксирована также на Волынской и Подольской возвышенности и в Предкарпатье, несколько уменьшается максимальная скорость (до $30\text{-}35 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) в центральных районах, на крайнем юге и северо – западе [49]. Своеобразный режим максимальной скорости отмечается в Украинских Карпатах и Крымских горах [80], где на открытых возвышенных участках зафиксирована максимальная скорость ветра $45 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, которая характерна для холодного периода года и только на юго- западе, а также в отдельных районах она отмечается и в октябре. Повторяемость такой скорости в зимние месяцы составляет 10-20%, в летних - 4 - 5% и связана с прохождением холодных фронтов и циклонов. Иногда значительная максимальная скорость ветра отмечается в начале весны [80]. Так, 7-8 марта в 2002 г. во время перемещения активных атмосферных фронтов с северо- запада наблюдалось усиление ветра в западных, северных и центральных областях до $20\text{--}30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, в южных и Крыму - местами до $34 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а на высокогорье Украинских Карпат - до $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Большие значения максимальной скорости реже всего отмечаются в сентябре [49, 99]. Значительная повторяемость сильного ветра на юго-востоке, юге, в Украинских Карпатах и Крымских горах дает основание рассматривать ветер как возможный источник дешевой энергии. Как показано в [58] максимальная скорость ветра за последний период увеличилась, а в отдельных регионах зафиксирована скорость ветра, которая превышает $45 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Обстоятельное исследование режима ветра (с упором на слабый) и обуславливающие его циркуляционные условия над югом Украины и

Молдовой выполнено в ОГЭКУ Г. П. Ивус, А. Б. Семергей – Чумаченко, А. В. Агайар и др. [32, 35, 39].

В представленной ниже работе исследуются аномальные ветровые явления. Под ветровой аномалией понимают превышение среднесуточной скорости над значением климатической нормы для конкретной станции. Если зафиксированное среднесуточное значение скорости превышает кадастровое, то этот случай рассматривается как событие ветровой аномальности.

1.2. Региональные физико-географические особенности восточных районов Украины

Восточные районы Украины - наиболее урбанизированная часть страны, промышленно и экономически наиболее развитый регион Украины. В то же время Восточная Украина несёт значительные проблемы, связанные с деиндустриализацией, экономическими сложностями в годы независимости и экологией. Протяженность Харьковской области с севера на юг составляет 210 км, с востока на запад 225 км, площадь области составляет 31,4 тыс. км² (5,2% территории Украины); по этому показателю область занимает 4-е место в стране [47]. Харьковская область расположена в пределах: 34° 30' и 38° 03' в. д., 48° 30' и 50° 29' с. ш. Через город Харьков проходит параллель 50° с. ш. Рельеф области равнинный и несколько пониженный. Харьковская область в орографическом отношении ограничена Среднерусской возвышенностью на севере области, Донецким кряжем на юго-востоке [23]. Эта низменная равнина, на которой находится область, определяет главные пути перемещения Атлантических и Средне - Азиатских воздушных масс без задержки. Общий сток рек, которые принадлежат бассейну Северского Донца, направлен на юго-восток, западная часть территории области имеет общий уклон на юго –

запад и относится к бассейну Днепра (рис.1.1). В ландшафтном отношении территория данной области принадлежит к лесостепной и степной зонам Левобережной части Украины [47]. Город Харьков и юго-восточная часть области располагаются в обширной, в основном, эрозионной котловине, обязанной своим происхождением слиянию рек Уды, Лопани и Харькова. Среднерусская возвышенность, на водорозделе рек Днепр и Северский Донец, доходит до верховий рек Мжи и Березовки на юге области. Наиболее низкие отметки этой Харьковской впадины в Изюмском районе (100 м). Территория города изрезана не только тремя речными долинами, но и балками и оврагами. Таким образом, Харьков располагается в своеобразном амфитеатре, морфологические ступени которого занимают отдельные районы города [23, 47]. .

Днепропетровская область расположена в юго-восточной части Украины, в бассейне среднего и нижнего течения Днепра, занимает площадь 31 тыс. км², то есть почти 7% площади территории Украины[48]. Выгодное географическое положение, значительные залежи полезных ископаемых, благоприятные почвенно-климатические условия, густая транспортная сетка оказывают содействие развитию хозяйственного комплекса области [48]. Волнистый рельеф области разделен рекой Днепр на две физико-географические провинции: Днестровско – Днепропетровскую северо – степную и Левобережно – Днепропетровскую северо– степную. Северо-запад области представлен Приднепровской возвышенностью, которая переходит в Причерноморскую низменность на юге области [48]. Юго-восток Днепропетровской области расположен на отрогах Приазовской возвышенности (рис. 1.1). Ландшафт степной, с участками леса (3,9% от общей территории области) по берегам рек. Климат [48, 134] Днепропетровской области умеренно континентальный, с малоснежной и частыми оттепелями зимой (средняя температура января - 5 °С); жарким, сухим, с частыми ливнями летом (средняя температура июля +22 °С). Продолжительность периода с температурой выше +10 °С составляет

178 дней, а безморозного периода — 187-228 дней. Осадков, большая часть которых приходится на тёплый период, в год выпадает 400-490 мм. Высота снежного покрова в среднем достигает 10-15 см, а среди неблагоприятных климатических явлений [48] отмечаются оттепели, морозы с ветром, суховеи и пыльные бури. Центр Днепропетровской области – город Днепропетровск. Он расположен на берегах нижнего течения судоходного Днепра на пути между угольным Донбассом и железорудным Криворожьём. Город наибольший по протяжённости в Украине [48].

В Донецкой области (вблизи Дебальцево) находится самое высокое место Восточной Украины – безымянная высота 336 м и самое низкое место (–0,4 м) — уровень воды в Азовском море (рис.1.1). Индустриальное развитие Донбасса привело к его экологической «перегрузке»: Донецкая область занимает одно из первых мест в Европе и первое место в Украине по уровню деградации окружающей среды [67]. Территория области в ходе индустриализации оказалась практически полностью вовлечённой в хозяйственный оборот. К 1991 году природно-заповедный фонд Донецкой области составлял лишь 0,6% её территории (при европейских критериях не менее 5%). Так как принято решение о разработке месторождения «Юзовское», директор Института географии НАН Украины Леонид Руденко отметил, что выбранные для разработки нетрадиционного газа площади имеют разветвленную социальную инфраструктуру, высокую плотность и сложные условия проживания [134]. Уже сейчас особую обеспокоенность вызывает значительное техногенное влияние на эти территории выбросов в атмосферный воздух, миграции токсичных веществ в водной среде ландшафтов, изменения минерализации грунтовых вод. К сожалению, в пределы планируемых участков для добычи газа попала и часть территории объектов природно-заповедного фонда. Все эти факторы отрицают любую новую техногенную деятельность на этих участках [135]. В физико-географическом отношении Донецкий район по своему географическому положению и особенностям природных условий расположен в северной

степной подзоне и входит в состав четырех физико-географических областей: северная часть Луганской и Донецкой областей принадлежит к Старобельской степной области южных отрогов Среднерусской возвышенности (Айдарской подобласти). Это наклонная (к Северскому Донцу) равнина, глубоко расчлененная речными долинами, где встречаются деревья и кустарники. Центральные, северо-западные и юго-восточные районы Донецкой и

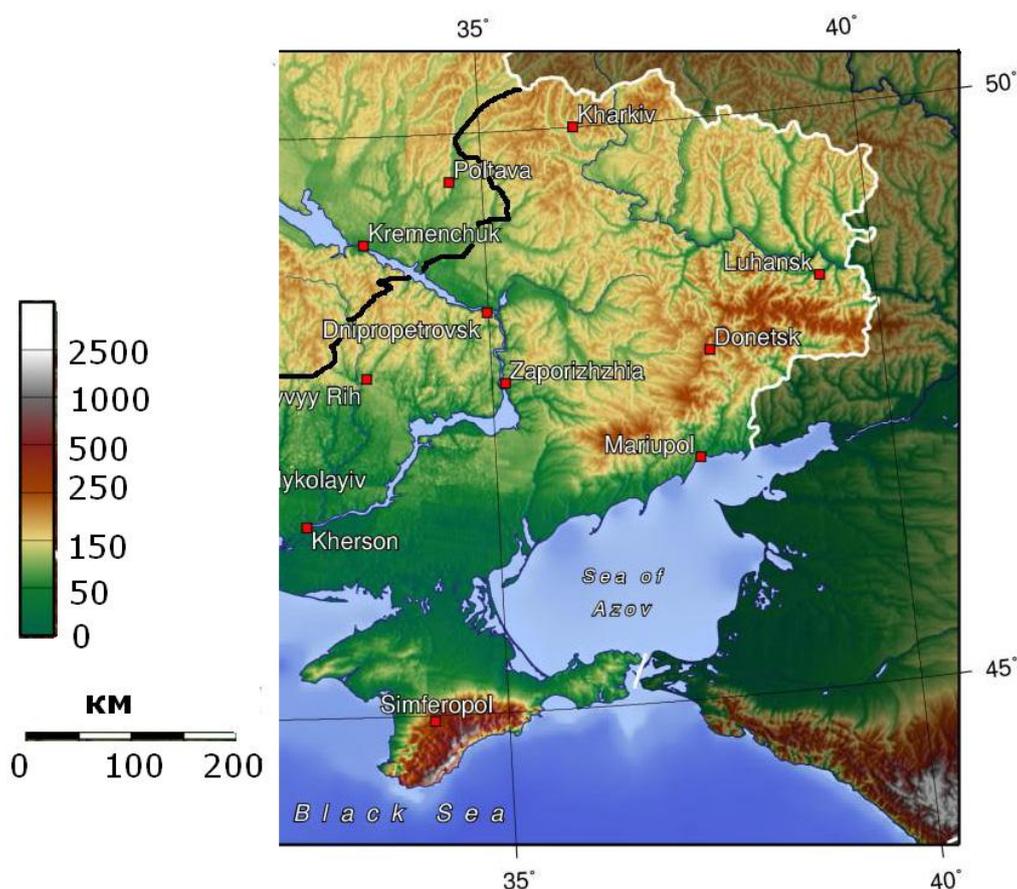


Рис. 1.1. Карта - схема района исследований

юго-восточные районы Луганской областей принадлежат к Донецкой физико-географической области. Это возвышенность, наиболее поднятая часть которой известна под названием Донецкого кряжа. Здесь находятся такие известные памятники природы, как Каменная Могила, Савур-Могила. Юг Донецкой области принадлежит к степной области Северо-Восточного Приазовья. Она характеризуется понижением докембрийского фундамента

Украинского кристаллического щита. Приморский физико-географический район охватывает пространства Приазовской низменности [48, 49, 134].

Западная часть Донецкой области принадлежит к степной области Приднепровской низменности в бассейне р. Мокрые Ялы. При некотором разнообразии физико-географических особенностей Донецкий район характеризуется общностью степной растительности, сохранившейся в основном в заповедниках. Лесами покрыты небольшие территории в долинах рек, балках, оврагах. Климат более континентальный, чем в других физико-географических областях Украины. Климат Донбасса [49] определяется как умеренно континентальный. Средняя температура самого теплого месяца (июль) составляет 21—23 °С, самого холодного (январь) — 5—8 °С. Среднегодовая температура — от 7 до 8 °С. Сумма активных температур 3300—3600°С. Безморозный период длится 151 — 173 дня. Характерно довольно резкое весеннее повышение среднемесячных температур. Температурный режим благоприятный для выращивания довольно теплолюбивых культур. Количество осадков неравномерно. Например, в западной части Донецкого кряжа их выпадает 500—560 мм, а на побережье Азовского моря — 300 и даже 250 мм в год. Максимум осадков приходится на июнь-июль (50—75 мм), минимум на январь-февраль (20—30 мм) [49].

1.3. Оценка защищенности и репрезентативности метеорологических станций в исследуемом регионе

Оценка защищенности метеорологической площадки проводится инспектором при непосредственном осмотре ее ближайшего окружения, определяется характер препятствий, их высота и расстояние от метеорологической площадки. Оценка дается по трем степеням защищенности. Защищенной [69, 70] считается площадка, окруженная препятствиями, которые

располагаются на расстояниях, меньших, чем 10-кратная их высота (закрытость горизонта более 7 градусов). Закрытость горизонта, определяемая из центра метеоплощадки при помощи эклиметра (или другого инструмента, дающего возможность измерять вертикальные углы с точностью около 1 градуса) по 16 румбам, выполняется при инспекциях станций и заносится в техническое дело станции в виде графика. Значения закрытости горизонта уточняются при каждой следующей инспекции. Открытой считается площадка в тех случаях, когда препятствия расположены дальше, чем 20-кратная их высота (закрытость горизонта не более 2-3 градуса). Полузащищенными считаются площадки, расположение которых нельзя отнести ни к защищенным, ни к открытым. Некоторые из них можно отнести к условно защищенным или открытым:

- если со стороны преобладающего направления ветра есть полоса сплошных непродуваемых препятствий (густой лес, строения, насыпи) на расстоянии, меньше их 10-ти кратной высоты, в этом случае расположение площадки считается защищенным;

- если защищенность создается отдельными, далеко друг от друга отстоящими препятствиями, не создающими сплошную полосу, или разреженной хорошо продуваемой лиственной растительностью, тогда расположение относится к открытым.

Метеостанции (мс) Золочев, Богодухов, Коломак находятся в лесостепной зоне Харьковской области, угол закрытости в восточных направлениях в среднем составляет 2° , в других направлениях колеблется от 8° до 13° ; Коломак, Золочев в соответствии с классификацией Милевского можно отнести к полузащищенным (рис 1.2). Донецкая, Харьковская, Днепропетровская АМСГ имеют степень открытости горизонта 2° во всех направлениях и относятся к открытым площадкам, что нельзя сказать об АМСГ Кривой Рог где, угол закрытости минимальный в направлениях $0-135^\circ$ и составляет 4° , в западном направлении угол закрытости - 10° , таким образом АМСГ Кривой Рог - площадка полузащищенная.

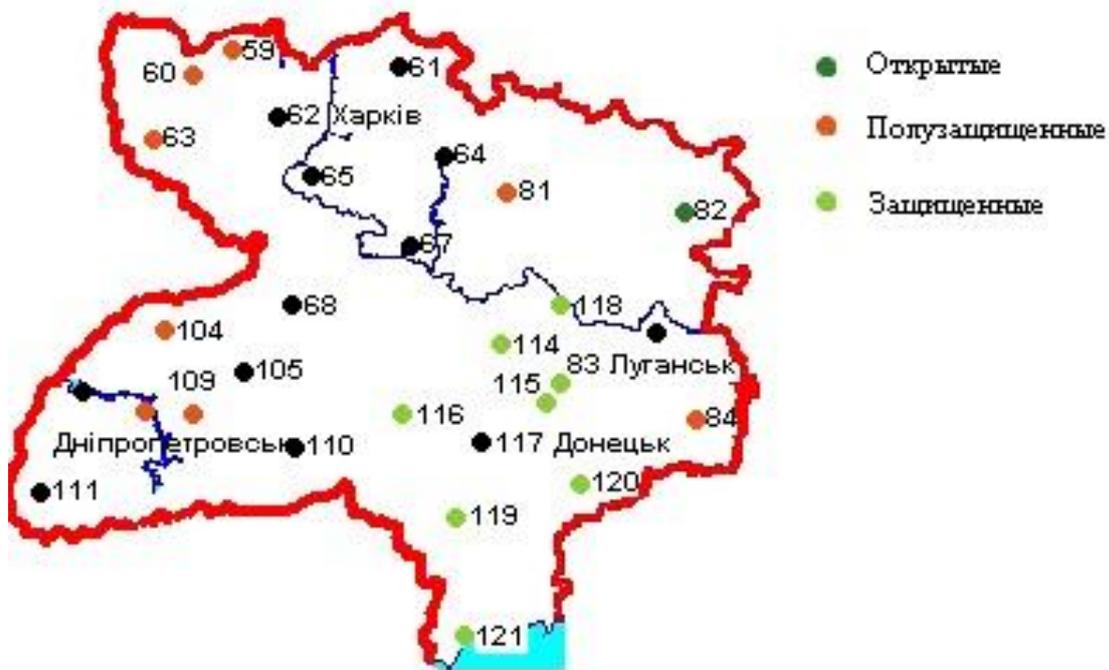


Рис. 1.2. Схема защищенности метеостанций на территории Восточной Украины

После изучения технических дел метеорологические станции Луганской обл.[89] к открытым площадкам можно отнести три станции, которые расположены в степной зоне: Троицкое, Новопсков, Беловодск, где угол закрытости составляет 1 - 4°; 1 - 7°; 4 - 7°; станции Сватово и Дарьевка - к полузащищенным, а АМСГ Луганск с максимальным углом закрытости 20° - к защищенной. Все станции Донецкой области, кроме выше названной Донецкой АМСГ, относятся к защищенным площадкам. Например, закрытость горизонта метеорологической станции Амвросиевка в южном направлении составляет 25°. В степной зоне Днепропетровской области к полузащищенным площадкам можно отнести метеорологические станции

Комиссаровка, Губиниха, Синельниково, а станции Лошкаревка, Никополь, Чаплино к защищенным площадкам с углом закрытости горизонта 10° .

1.4. Анализ нарушения однородности рядов характеристик ветра и степени открытости ветроизмерительных приборов

В справочниках по климату [50] для учета степени открытости флюгера на станциях использовалась классификация В. Ю. Милевского [68, 69, 70]. В соответствии с этой классификацией, чем больше класс открытости флюгера, тем меньше его защищенность и тем больше скорость ветра. Элементами защищенности могут быть холмы, строения, деревья, которые берутся в расчет, если расстояние от них до ветроизмерительного прибора меньше их 20-кратной высоты. Определенным классам открытости флюгера в данных условиях атмосферной циркуляции отвечает конкретная средняя годовая скорость ветра и средняя годовая вероятность различной скорости. В соответствии с [68, 70] для плоской формы рельефа по средней полосе Европейской территории СССР получены соотношения между классами открытости флюгеров станций и скоростными характеристиками ветра (табл. 1.1). Отсюда вытекает, что, если нужно определить средние многолетние характеристики ветра для пункта, где наблюдения за скоростью ветра никогда не проводились, то, определив в среднем степень закрытости данного пункта по направлениям, можно приближенно судить о среднем многолетнем режиме скорости ветра.

Как известно, сроки измерения скорости ветра на территории СССР с 1936 по 1965 г. установлены следующие: 01, 07, 13, 19 ч по местному среднесолнечному времени, с 1966 г. – 8 раз в сутки по московскому (зимнему времени), но если сравнить среднесуточные значения, полученные в разные сроки наблюдений, то они отличаются мало. Смена флюгера на анеморумбометр проведена на метеорологических станциях в 70-х годах

прошлого столетия (скорость ветра может определяться по флюгеру, при выходе из строя вышеназванного прибора и сейчас). Период определения

Таблица 1.1

Зависимость скорости ветра от класса открытости флюгера по средней полосе Европейской территории СССР [70]

Скорость ветра, м/с	Классы открытости флюгера				Разности классов	
	8 б	7 б	6 б	5 б	Д[5б-8б]	Д[1б] Ср. разность на 1 класс
Средняя годовая	5,0	4,6	4,0	3,5	-1,5	-0,5
Градации скорости	Вероятность, %					
0-1	20,4	20,9	24,4	27,1	6,7	2,2
2-5	48,8	47,4	52,3	57,0	8,2	2,7
6-10	24,0	25,6	20,2	14,6	-9,4	-3,1
11-15	4,6	4,2	2,3	1,1	-3,5	-1,1
>15	2,2	1,9	0,8	0,2	-2,0	-0,7
Сумма	100	100	100	100	0,0	0,0

величин у этих приборов разный. По анеморумбометру период осреднения 10 минут для средней скорости, для флюгера этот период составляет 2 минуты. В большинстве случаев скорость ветра по флюгеру больше, чем по анеморумбометру, причем эти различия увеличиваются с ростом скорости [98, 129, 130]. По утверждениям Р.П. Бернгардта [10] эти различия при скорости 8-10 мс⁻¹ не проявляются. На некоторых метеостанциях Украины

с 2000 г. установлены приборы нового класса «МАРК-60». На АМСГ, расположенных в категорированных аэропортах и в аэропортах класса А и В, используются анеморумбометры МАРК- 60, входящие, как правило, в состав автоматических станций АМАС-АВИА. В работах [55, 98, 119, 120, 131] указывается, что данная замена не сопровождается нарушением однородности рядов годовой средней скорости.

Изучение физико-географического положения, угла закрытости горизонта, технических дел метеорологических станций востока Украины позволяет сделать вывод о влиянии изменения высоты ветроизмерительных приборов на репрезентативность данных. Флюгер устанавливается на высоте 12 м, анеморумбометры – 10 м, изменение средней скорости ветра с высотой при безразличной стратификации происходит по логарифмическому закону $0,97 -$ соотношение скоростей ветра на 10 – 12 м; $0,95 -$ при высотах 14 и 10 м соответственно.

На метеорологических станциях Харьковской области высота установки флюгера Золочев – 10,7 м; Купянск Коломак Комсомольск – 12 м, а высота анеморумбометров уменьшилась до 10 м. На станции Изюм высота установки флюгера до 1999 г. – 14 м, с 2005 – 10 м. На метеостанциях Донецкой области: только на станциях Артемовск, Красноармейск анеморумбометр установлен на высоте 11,6, что на 1,7 м больше, чем стандартная высота; на остальных станциях – высота установки соответствует 10 м.

Из метеостанций Луганской области выделяется АМСГ Луганск, где анеморумбометр установлен на высоте 17,6 м. В Днепропетровской области 43% анеморумбометров расположены на высоте 10 м, на метеостанции Губиниха на высоте – 12 м, остальные на высоте – 11 м. Стандартная высота монтажа датчиков ветра на открытой местности – 10 м, на востоке Украины она, колеблется в пределах 10 -12 м над поверхностью земли, в отдельных случаях достигает 17 м. В соответствии с рекомендациями ВМО, если на открытой местности датчик ветра не может быть установлен на стандартной высоте, то к скорости

ветра, которая наблюдается на высоте, отличной от стандартной, можно ввести поправки, чтобы получить оценку ветра на высоте 10 м над уровнем земли. Для этого можно воспользоваться упрощенной формулой Хельмана, которая учитывает в среднем изменение скорости ветра с высотой. Рассчитанные поправки колеблются от 0,2 до 1,4 м·с⁻¹. Большое значение для репрезентативности данных имеет также перенос метеоплощадок, застройка и облесение (рост окружающих метеоплощадки деревьев, рощ, лесов, высота которых нередко превышает уровень установки анеморумбометров), увеличение закрытости горизонта.

ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 1

На всей исследуемой территории метеостанции находятся в урбанизированной зоне, постепенно происходит процесс застройки, что в свою очередь приводит к уменьшению показателей измеряемых характеристик скорости ветра.

Изрезанный рельеф местности, разнородные ландшафты и расположение метеорологических площадок могут способствовать формированию различных направлений и скоростей ветра.

Произведенная оценка защищенности и репрезентативности метеорологических станций Востока Украины по степени открытости ветроизмерительных приборов в соответствии с классификацией В.Ю. Милевского показала, что Донецкая, Харьковская, Днепропетровская АМСГ, Троицкое, Новопсков, Беловодск- относятся к открытым площадкам; Коломак, Золочев, Дарьевка, Сватово, Комисаровка, Губиниха, Синельниково к полузащищенным. Остальные 56% станций соответствуют категории защищенных. Высота установки датчиков ветроизмерительных приборов в 32% случаев превышает 10 м, что может повлиять на репрезентативность ветровых характеристик

РАЗДЕЛ 2

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛЯ ВЕТРА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ УКРАИНЫ

2.1. Режим скорости ветра

2.1.1. Краткое описание исходных данных

Ветер – уникальная векторная характеристика. Климатологическую обработку ветра можно вести двумя способами: обрабатывать отдельно скорость и направление ветра или исследовать одновременно скорость и направление ветра. В качестве базовых характеристик скорости вычисляется [53, 54, 55, 84,100, 106, 114] средняя месячная скорость ветра, коэффициенты корреляции, асимметрии, для суток в целом и по срокам, месячный и годовой максимумы скорости, повторяемость различных градаций скорости ветра, а также число дней со скоростью ветра, равной или превышающей заданное значение. Направление ветра сильно зависит от закрытости горизонта, поэтому необходимо составить розу открытости горизонта, пользуясь классификацией В. Ю. Милевского [68, 69, 70]. Повторяемость различных направлений ветра вычисляют для каждого из восьми румбов и выражают в процентах к общему числу случаев, когда отмечался ветер. Штили в это число не включаются. Их вычисляют отдельно и выражают в процентах от общего числа наблюдений [53]. Особенности измерений по анеморумбометру заключаются в том, что период осреднения скорости составляет 10 мин (по флюгеру 2 мин); в случае больших

скоростей вследствие нелинейности шкалы флюгера происходит завышение показаний. Скорость ветра относится к тем немногим метеорологическим величинам, повторяемость значений которых целесообразно вычислять непосредственно по ежедневным данным. Максимальные скорости обычно рассчитывают косвенным путем на основе выравнивания различных функции распределения [84,100].

В представленном исследовании рассматриваются суточные данные 8-срочных наблюдений на тридцати метеорологических станциях Луганской, Донецкой, Харьковской и Днепропетровской областях за период 1997-2012 гг. Всего проанализировано 442820 наблюдений. Одним из условий, которым должна отвечать статистическая совокупность является однородность ее членов. Поэтому, приступая к расчету статистических характеристик ветра, в начале была проведена проверка на однородность рядов с помощью критерия Стьюдента [53,100]. При отсутствии показателей распределения следует проводить анализ метеорологических величин, сравнивая их между собой в разные сезоны и в разных районах. Применять опосредствованные методы, без предварительного сравнительного расчета показателей, очень трудно. Прежде всего необходимо получить значение главных статистических показателей распределения метеорологических величин: средних (\bar{V}), средних квадратичных отклонений (σ), коэффициентов асимметрии (А) и эксцесса (К) [53, 73, 90]. Расчеты проводились с использованием специализированной офисной программы Excel.

2.1.2. Статистическая оценка полей скорости ветра зимой и летом

Рассмотрим статистические характеристики скорости ветра на исследуемой территории. Как известно, за последние годы значительно уменьшилась скорость ветра над Восточной Европой [75, 109], в том числе и над Украиной

[25-27, 29-31]. Рассмотрим режим ветра в январе над территорией востока Украины (табл.2.1).

Значение средних квадратичных отклонений скорости ветра у поверхности земли имеют статистические погрешности 0,1– 0,3. Как видно из табл. 2.1, скорость ветра в январе на большинстве станций достаточно изменчивая; средние квадратичные отклонения скорости ветра находятся в пределах 0,84-2,16. На некоторых станциях (Дарьевка, Чаплино и др.) величины среднеквадратических отклонений близки к средней скорости ветра, это указывает на значительное рассеяние и асимметрию распределения скоростей ветра (рис.2.1).

Сравнивая полученные данные с аналогичными характеристиками ветра за период 1961-1990 гг. [42, 43], можно сделать вывод об общей тенденции уменьшения среднегодовой скорости ветра и над территорией Восточной Украины. Наиболее сильно (на $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) в январе скорость ветра снизилась на станциях Волноваха и Золочев, а наименее всего (на $0,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) в Триоцком и Беловодске (рис. 2.1). Золочев находится в 30 км севернее г. Харькова. Метеоплощадку окружает волнистая местность с балками и оврагами, на расстоянии 1,5 км протекает речка Уды. Станция полузащищенная. Волноваха находится в степной зоне северо-восточного Приазовья на границе с Донецким кряжем. Высота станции над уровнем моря 266 м. Станция относится к площадкам защищенного типа. Угол закрытости горизонта в северо- западном направлении больше 15° , оказывает влияние лесной массив, который заложил в 1903 году Докучаев. Метеостанции Беловодск (высота станции над уровнем моря 74 м) и Триоцкое (15 м) находятся в степной зоне Луганской области на открытой местности, сильно изрезанной балками и оврагами. Станция Триоцкое находится в бассейне рек Красная и Айдар, а метеостанция Беловодск - на склоне речки Деркул. Таким образом, можно предположить, что причинами

Таблица 2.1

**Характеристики распределения среднесуточной скорости ветра над
востоком Украины в январе 1997-2012 гг.**

Область	Пункты Наблюдений	\bar{V}_{1990}^{1961} , м·с ⁻¹	\bar{V}_{2012}^{1997} , м·с ⁻¹	ΔV^* , м·с ⁻¹	σ , м·с ⁻¹	A	K
Донецкая	Артемовск	3,0	1,5	-1,5	1,03	0,73	0,46
	Дебальцево	5,0	3,3	-1,7	1,68	0,47	0,21
	Красноармейск	4,3	2,5	-1,8	1,24	0,80	0,73
	Донецк	5,7	4,4	-1,3	1,98	0,13	0,15
	Амбросиевка	3,7	2,6	-1,1	1,24	0,82	0,83
	Волноваха	4,5	2,5	-2,0	1,14	0,52	0,32
	Мариуполь	6,3	4,9	-1,4	2,16	0,64	0,37
Луганская	Троицкое	4,7	4,1	-0,6	1,98	0,47	-0,09
	Новопсковск	3,5	2,4	-1,1	1,61	1,10	1,45
	Сватово	2,9	2,1	-0,8	1,15	0,63	0,39
	Беловодск	3,4	2,8	-0,6	1,49	0,65	0,37
	Луганск	3,3	2,4	-0,9	1,29	0,52	0,04
	Дарьевка	4,9	3,1	-1,8	2,07	1,67	3,46
Днепропетровская	Губиниха	3,8	2,3	-1,5	1,94	1,33	2,28
	Днепропетровск	5,4	4,5	-0,9	2,11	0,10	-0,13
	Павлоград	4,0	2,1	-1,9	1,48	0,93	1,50
	Комисаровка	4,0	2,2	-1,9	1,60	0,78	0,41
	Синельниково	4,6	3,4	-1,2	2,04	0,75	0,51
	Чаплино	4,2	2,9	-1,3	2,35	1,64	2,68
	Кривой Рог	4,8	4,6	-0,2	1,91	0,69	1,18
	Никополь	3,8	3,1	-0,7	1,68	2,28	0,85
Харьковская	Золочев	4,2	2,2	-2,0	1,12	0,95	1,17
	Богодухов	4,7	3,6	-1,1	1,61	0,73	0,68
	Великий Бурлук	4,5	3,6	-0,9	1,80	0,59	0,24
	Коломак	4,0	3,0	-1,0	1,34	0,68	0,45
	Купянск	3,2	1,9	-1,3	1,31	0,87	0,68
	Комсомольское	3,7	2,0	-1,7	0,84	0,55	0,29
	Красноград	3,5	2,5	-1,0	1,13	0,63	0,62
	Изюм	2,9	1,9	-1,0	1,19	0,70	0,53
	Лозовая	3,6	2,7	-0,9	1,48	0,87	1,07

*Примечание : $\Delta V = \bar{V}_{1990}^{1961} - \bar{V}_{2012}^{1997}$.

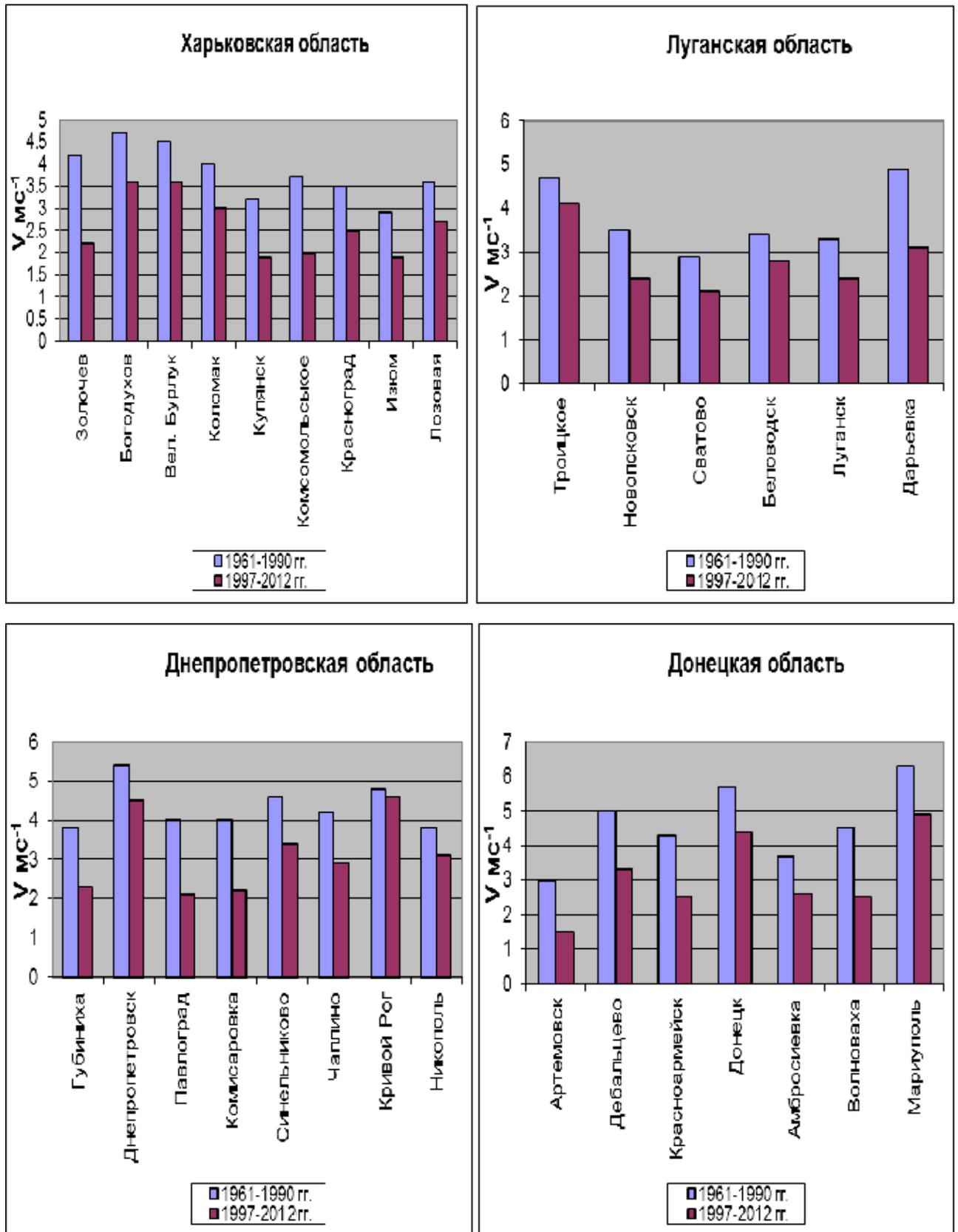


Рис. 2.1. Распределение среднесуточной скорости ветра над востоком Украины за периоды 1961-1990 и 1997-2012 гг. в холодный период

уменьшения скорости ветра за последнее десятилетие, является увеличение защищенности ветроизмерительных приборов на метеостанциях, изменения циркуляционных условий и колебания температуры воздуха.

В целом, такой ансамбль средних квадратичных отклонений свидетельствует о формировании ветрового режима над исследуемой территорией практически одинаковыми макроциркуляционными процессами, за исключением Днепропетровской области. Над тремя областями (Харьковской, Луганской и Донецкой) в январе основными атмосферными процессами являются антициклоны, особенно юго-восточные [24, 26, 40]. Очевидно поэтому изменчивость скоростей ветра здесь меньше, чем на территории Днепропетровской области.

Распределение ветра в 86,7% случаев резко асимметричное ($A > 0,5$), потому что скорость ветра часто имеет предел $0 \dots 1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Значения коэффициентов асимметрии положительны и в 17% случаев превышают единицу. Анализ коэффициентов асимметрии и эксцесса по областям дают следующую картину (рис. 2.2). В Донецкой области асимметрия, в основном, правосторонняя, за исключением АМСГ Донецк. Коэффициент эксцесса в 53,3% случаев умеренный или сильный.

В Луганской области значительное внимание вызывает ветер на станциях Троицкое и Дарьевка, которая находится на одной из наивысших точек Донецкого кряжа (высота 300 м над уровнем моря). Как было указано выше, физико-географическое положение этой территории обуславливает значительные скорости ветра ($4,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и $3,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ соответственно) в январе. Коэффициенты A и K здесь также существенные (3,46 и 1,67 соответственно), что свидетельствует о значительной правосторонности и островершинности кривой распределения среднесуточной скорости ветра.

Распределение скорости ветра по метеостанциям Днепропетровской области имеет также правостороннюю асимметрию, за исключением ст. Днепропетровск. Коэффициент эксцесса на шести метеостанциях из

восьми превышает 0,5, что указывает на умеренную и сильную островершинность кривой распределения скорости ветра.

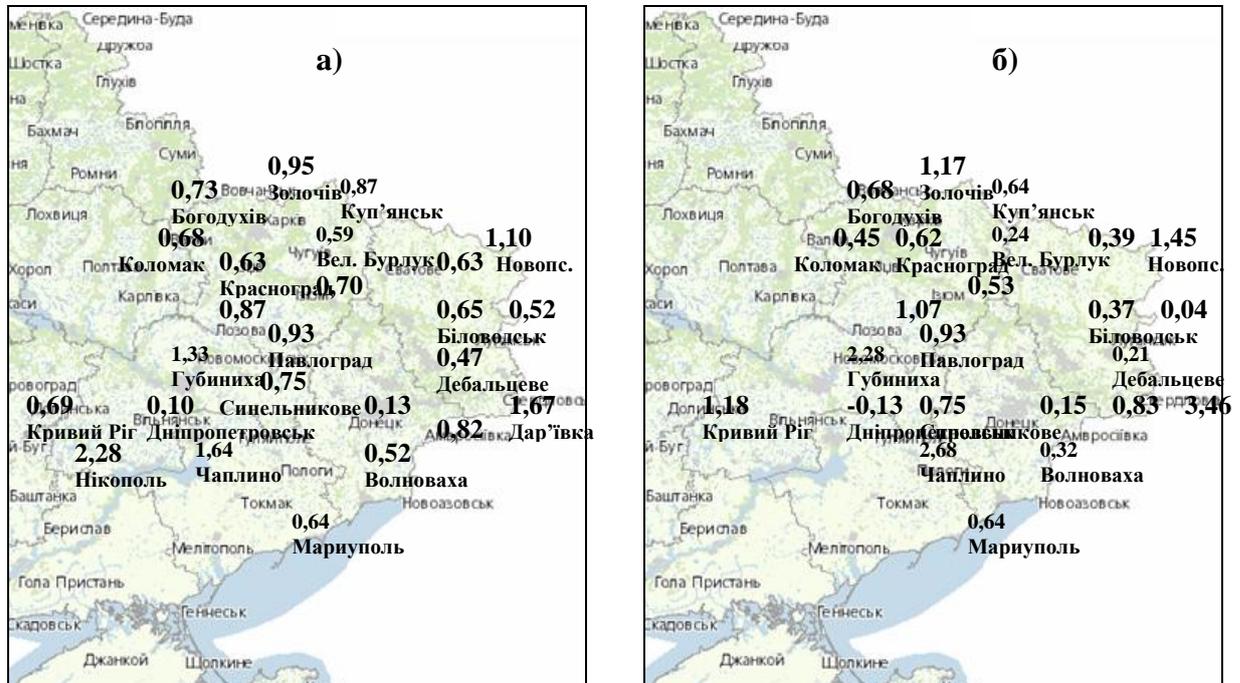


Рис. 2. 2. Распределение коэффициентов асимметрии (а) и эксцесса (б) над востоком Украины за холодный период 1997-2012 гг.

Летом над востоком Украины сказывается влияние отрога Азорского антициклона, часто наблюдаются размытые барические поля, что зачастую приводит к штилям и слабым ветрам (рис.2.3).

Уменьшение скорости ветра менее заметно на фоне штилей. Как видно из табл. 2.2, где представлены среднесуточные скорости ветра за период 1961-1990 и 1997-2012 гг., наименьшие величины в июле получены на станции Артемовск $1,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ($\Delta V = -1,1$); станции Комсомольское $1,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ($\Delta V = -0,7$). На реперной станции Синельниково фиксируется небольшое отклонение средней скорости ($\Delta V = -0,2$) в сторону уменьшения.

Минимальная скорость в июле за 15-летие в Донецкой области на станции Троицкое $2,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. На реперной станции Синельниково июльская

Таблица 2.2

Характеристики среднесуточной скорости ветра, рассеивания, асимметрии, эксцесса над востоком Украины в июле 1997-2012 гг.

Область	Пункты наблюдений	\bar{V}_{1990}^{1961} , м·с ⁻¹	\bar{V}_{2012}^{1997} , м·с ⁻¹	ΔV^* , м·с ⁻¹	σ , м·с ⁻¹	A	K
Донецкая	Артемовск	2,1	1,0	-1,1	0,71	1,42	2,98
	Дебальцево	3,2	2,6	-0,6	1,23	0,53	0,62
	Красноармейск	2,8	1,8	-1,0	0,93	0,87	1,24
	Донецк	3,5	3,3	-0,2	1,46	0,03	0,08
	Амбросиевка	2,4	1,8	-0,6	0,86	0,59	0,57
	Волноваха	2,9	1,8	-1,1	0,83	0,90	1,01
	Мариуполь	4,2	4,0	-0,2	1,41	0,49	0,74
Луганская	Троицкое	-	3,0	-	1,36	0,71	1,33
	Новопсковское	-	1,6	-	1,11	1,39	3,04
	Сватово	2,2	1,6	-0,6	0,92	0,80	0,86
	Беловодск	2,2	1,9	-0,3	0,97	0,84	1,16
	Луганск	2,0	1,8	-0,2	0,83	0,64	0,53
	Дарьевка	2,9	1,9	1,0	1,13	1,31	2,60
Днепропетровская	Губиниха	-	1,4	-	1,07	1,50	3,04
	Днепропетровск	3,8	3,7	-0,1	1,53	0,05	0,21
	Павлоград	-	1,5	-	0,90	1,23	2,57
	Комисаровка	2,8	1,6	-1,2	0,99	1,26	2,35
	Синельникове	2,6	2,4	-0,2	1,36	1,04	1,40
	Чаплино	2,6	1,9	-0,7	1,16	1,88	5,20
	Кривой Рог	4,0	3,5	-0,5	1,31	0,18	0,55
	Никополь	2,7	2,2	0,5	1,22	0,67	0,70
Харьковская	Золочев	2,6	1,9	-0,7	1,17	2,85	1,23
	Харьков	3,2	3,2	-0,0	1,57	1,61	0,39
	Богодухов	3,1	2,8	-0,3	1,52	1,99	1,18
	Великий Бурлук	2,9	2,8	-0,1	1,55	1,80	1,16
	Коломак	2,5	2,2	-0,3	1,29	2,61	1,99
	Купянск	2,0	1,7	-0,3	1,26	2,80	2,86
	Комсомольское	2,2	1,5	-0,7	0,96	3,38	0,76
	Красноград	2,0	1,9	-0,1	1,17	2,76	1,35
	Изюм	1,8	1,7	-0,1	1,29	2,78	2,32
	Лозовая	2,4	1,9	-0,5	1,41	2,47	1,94

*Примечание : $\Delta V = \bar{V}_{1990}^{1961} - \bar{V}_{2012}^{1997}$.

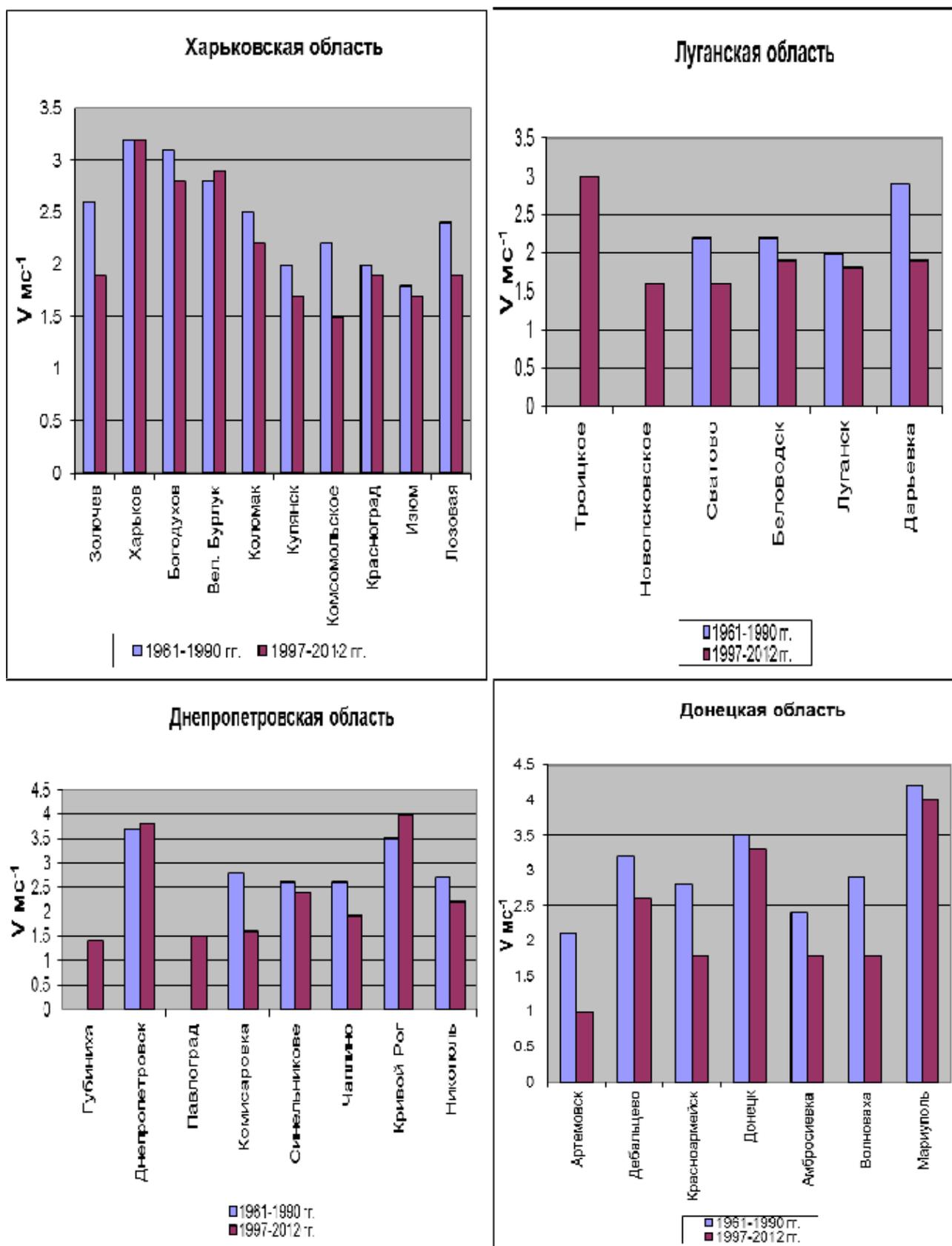


Рис.2.3 - Распределение среднесуточной скорости ветра над востоком Украины за периоды 1961-1990 и 1997-2012 гг. в теплый период

среднесуточная скорость уменьшилась до значения $2,4 \text{ мс}^{-1}$. Среднеквадратические отклонения лежат в пределах $0,71-1,57$, что говорит о меньшем разбросе значений средней скорости в июле, чем в январе. Минимальные значения скорости наблюдаются на станции Артемовск $1,0 \text{ мс}^{-1}$ и на станции Сватово $1,7 \text{ мс}^{-1}$ в Луганской обл.; на станции Губиниха ($1,4 \text{ мс}^{-1}$) и на станции Комсомольское ($1,5 \text{ мс}^{-1}$) в Днепропетровской и Харьковской областях. Значения среднесуточной скорости в июле сохраняют достаточно высокий уровень в Мариуполе ($4,0 \text{ мс}^{-1}$), на АМСГ Харьков ($3,2 \text{ мс}^{-1}$), Днепропетровск ($3,7 \text{ мс}^{-1}$).

Распределение ветра в июле в $83,3\%$ случаях резко ассимитричное ($A > 0,5$), так как скорость ветра имеет границу $0-1 \text{ мс}^{-1}$. Значения коэффициентов K положительные и в $54,8\%$ случаях превышают единицу.

В Донецкой области асимметрия кривых распределения скорости ветра правосторонняя, за исключением Донецка, и, в основном, умеренная, в Луганской области только на 2-х станциях асимметрия сильная ($A > 1$), а в остальном умеренная.

2.1.3. Характер изменения полей скорости ветра весной и осенью

Осенью наблюдается перестройка общей циркуляции в атмосфере. Сохраняется еще большой процент дней с размытым барическим полем (антициклональный тип погоды), что характерно для лета, но уже наблюдается усиление циклонической активности. Средняя скорость ветра, ее изменения (рис. 2.4), а также коэффициенты асимметрии, эксцесса в октябре представлены в табл. 2.3. При анализе данных средней скорости ветра за октябрь на протяжении исследуемого периода можно отметить повсеместное уменьшение средней скорости по сравнению с климатической нормой [42, 43,].

Таблица 2.3

Характеристики среднесуточной скорости ветра, рассеивания, асимметрии, эксцесса над востоком Украины в октябре 1997-2012 гг.

Область	Пункты наблюдений	\bar{V}_{1990}^{1961} , м·с ⁻¹	\bar{V}_{2012}^{1997} , м·с ⁻¹	ΔV^* , м·с ⁻¹	σ , м·с ⁻¹	А	К
Донецкая	Артемовск	2,5	1,3	-1,2	0,94	0,90	0,72
	Дебальцево	4,1	2,6	-1,4	1,55	0,63	0,71
	Красноармейск	3,3	1,8	-0,9	1,24	0,78	0,77
	Донецк	4,6	3,9	-0,7	1,72	0,12	0,05
	Амбросиевка	2,9	2,0	-0,9	1,01	0,75	0,63
	Волноваха	3,6	2,2	-0,8	0,98	0,59	0,53
	Мариуполь	5,4	4,0	-1,4	1,93	0,58	0,56
Луганская	Троицкое	-	3,8	-	1,65	0,49	0,07
	Новопсковское	-	2,3	-	1,36	1,09	1,45
	Сватово	2,5	2,1	-0,4	1,10	0,77	0,88
	Беловодск	2,7	2,5	-0,2	1,16	0,75	0,73
	Луганск	2,7	2,2	-0,5	1,15	0,81	0,60
	Дарьевка	3,8	2,9	-0,9	1,52	0,35	2,52
Днепропетровская	Губиниха	-	2,1	-	1,56	1,38	2,17
	Днепропетровск	4,6	4,2	-0,4	1,73	0,36	0,54
	Павлоград	-	1,5	-	1,07	1,08	1,54
	Комиссаровка	3,1	1,8	-1,3	1,17	0,90	0,66
	Синельниково	3,5	2,9	-0,6	1,63	0,87	0,97
	Чаплино	3,3	2,6	-0,7	1,76	1,80	3,76
	Кривой Рог	3,9	4,1	-0,2	1,45	0,35	0,71
	Никополь	3,2	2,6	-0,6	1,40	0,93	1,38
Харьковская	Золочев	3,3	2,0	-1,3	1,04	1,00	2,04
	Богодухов	4,0	3,3	-0,7	1,43	0,68	1,06
	Харьков	3,9	3,5	-0,4	1,56	0,21	0,05
	Великий Бурлук	3,7	3,1	-0,6	1,61	0,69	0,40
	Коломак	3,4	2,6	-0,8	1,18	0,79	0,74
	Купянск	2,7	1,6	-1,1	1,15	1,17	1,84
	Комсомольское	2,9	1,4	-1,5	0,74	0,63	0,59
	Красноград	2,6	2,1	-0,5	0,99	0,76	1,14
	Изюм	2,6	1,7	-0,9	1,14	0,97	1,24
	Лозовая	2,9	2,3	-0,6	1,46	1,09	1,77

*Примечание : $\Delta V = \bar{V}_{1990}^{1961} - \bar{V}_{2007}^{1997}$.

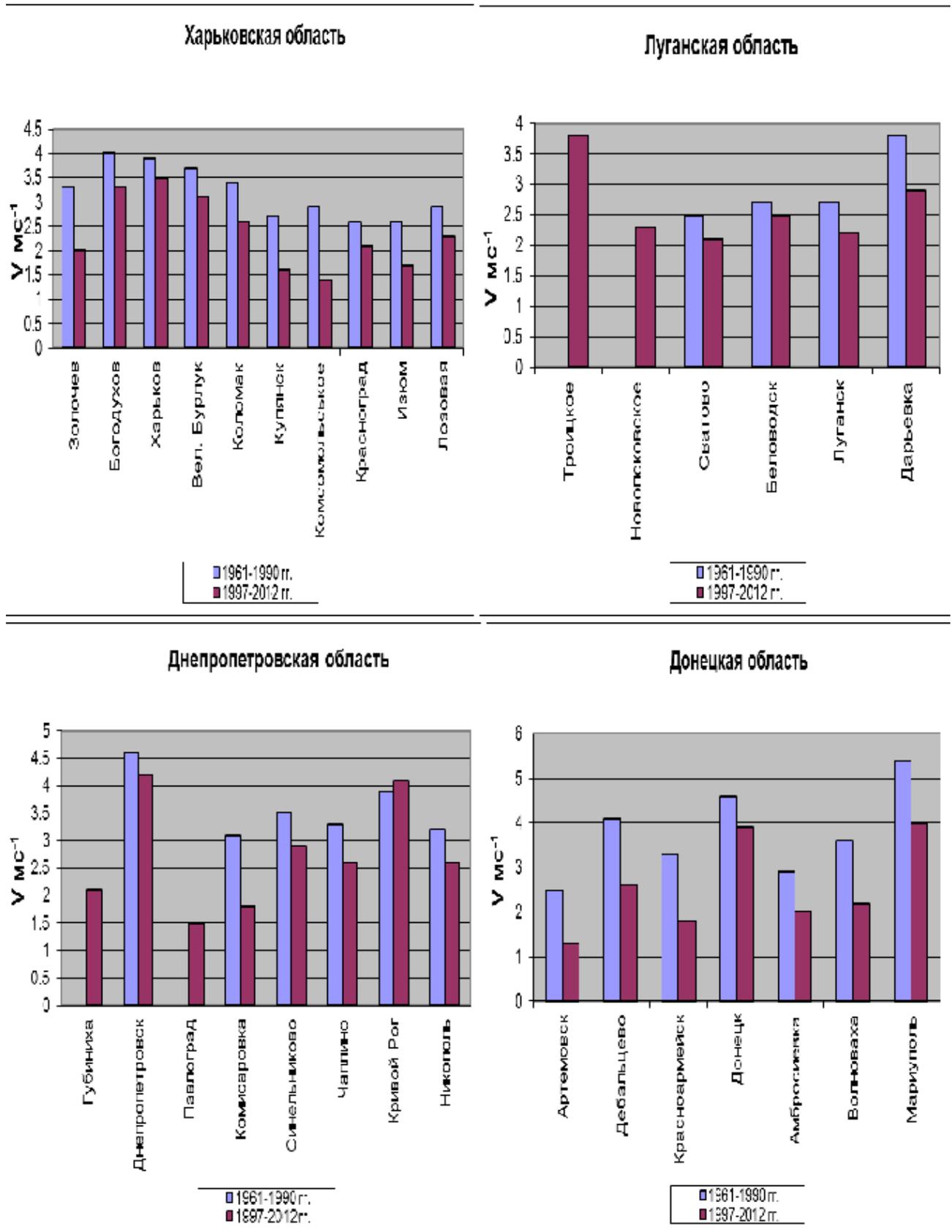


Рис. 2.4. Распределение среднесуточной скорости ветра над востоком Украины за 1961-1990 и 1997-2012 гг. в осенний период

Исследуемый район осенью также находится под влиянием циклонов, которые формируются над Северным Кавказом, Средиземным и Черным морями, Нижнедунайской низменностью [24]. Можно отметить повсеместное уменьшение данной характеристики ветра на начало XXI ст., особенно на метеорологических станциях: Артемовск ($-1,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Волноваха ($-1,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Комиссаровка ($-1,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Золочев ($-1,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Комсомольское ($-1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Наибольшие средние скорости ветра в октябре наблюдались на метеорологических станциях в Днепропетровске ($4,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Кривом Роге ($4,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Мариуполе ($4,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Харькове ($3,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Наименьшие характеристики среднесуточной скорости ветра в октябре наблюдаются на таких метеорологических станциях Харьковской области: Купянск ($1,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Комсомольское ($1,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Изюм ($1,7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), в Днепропетровской области: Павлоград $-1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и Комиссаровка $-1,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Показатели средней минимальной скорости ветра в Луганской и Донецкой областях выше: на станциях Сватово ($2,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) и Луганск ($2,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Артемовск ($1,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Красноармейск ($1,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Умеренная правосторонняя асимметрия кривых скорости ветра наблюдается на метеорологических станциях Луганской области - Дарьевка (0,35), Троицкое (0,49); в Днепропетровской области: на станциях Кривой Рог (0,35), Днепропетровск (0,36); слабая правосторонняя асимметрия - на АМСГ Харьков (0,21) и Донецк (0,12). В 80% случаев в октябре на станциях восточного региона Украины в последнее десятилетие сохраняется правосторонняя сильная асимметрия. Кривая распределения данной характеристики в 41% островершинна, на что указывает величина коэффициента эксцесса ($K > 1$).

Весной в атмосфере происходит изменение циркуляционных процессов, усиление турбулентности, вследствие неоднородности нагревания подстилающей поверхности, что приводит к увеличению скорости ветра (табл. 2.4). Как наглядно видно (рис.2.5), наибольшие средние скорости ветра за данный период в апреле характерны для следующих метеостанциях восточного региона Украины: Кривой Рог ($4,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Мариуполь ($4,7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$),

Таблица 2. 4

Характеристики среднесуточной скорости ветра, рассеивания, асимметрии, эксцесса над востоком Украины в апреле 1997-2012 гг.

Область	Пункты наблюдений	\bar{V}_{1990}^{1961} , м·с ⁻¹	\bar{V}_{2012}^{1997} , м·с ⁻¹	ΔV^* , м·с ⁻¹	σ , м·с ⁻¹	A	K
Донецкая	Артемовск	2,9	1,4	-1,5	0,94	0,84	0,63
	Дебальцево	4,4	3,3	-1,1	1,60	0,55	0,62
	Красноармейск	4,1	2,5	-1,6	1,16	0,61	0,50
	Донецк	5,2	4,2	-1,0	1,81	0,19	0,16
	Амбросиевка	3,5	2,7	-0,8	1,18	0,66	0,59
	Волноваха	4,1	2,5	-1,6	1,11	0,46	0,27
	Мариуполь	5,5	4,7	-0,8	2,19	0,60	0,34
Луганская	Троицкое	-	3,0	-	1,36	0,71	1,33
	Новопсковское	-	2,0	-	1,11	1,39	3,04
	Сватово	2,9	1,6	-1,3	0,92	0,80	0,86
	Беловодск	3,1	2,0	-1,1	0,97	0,84	1,16
	Луганск	3,2	1,8	-1,4	0,83	0,64	0,53
	Дарьевка	4,5	2,0	-2,5	1,13	1,31	2,60
Днепропетровская	Губиниха	3,7	2,4	-1,3	1,62	1,47	3,04
	Днепропетровск	5,0	4,5	-0,5	1,84	0,04	-0,04
	Павлоград	-	2,2	-	1,27	0,92	1,17
	Комиссаровка	3,9	2,4	-1,5	1,42	0,89	0,80
	Синельниково	4,0	3,5	-0,5	1,79	0,90	1,35
	Чаплино	3,9	3,1	-0,8	2,00	1,86	4,48
	Кривий Рог	4,7	4,8	-0,1	1,69	0,27	0,26
	Никополь	3,6	3,0	-0,6	1,48	0,58	0,26
Харьковская	Золочев	3,6	2,1	-1,5	1,04	1,00	1,88
	Богодухов	4,2	3,4	-0,8	1,47	0,58	0,58
	Харьков	4,3	4,0	0,3	1,62	0,14	0,09
	Большой Бурлук	3,6	3,5	-0,1	1,73	0,70	0,42
	Коломак	3,5	2,7	-0,8	1,20	0,84	1,11
	Купянск	2,9	1,9	-1,0	1,20	1,04	1,22
	Комсомольское	3,2	2,0	-1,2	0,92	0,50	0,09
	Красноград	3,1	2,4	-0,7	1,09	0,67	0,74
	Изюм	2,6	2,0	-0,6	1,23	0,90	1,22
	Лозова	3,2	2,7	-0,5	1,55	0,77	0,59

*Примечание : $\Delta V = \bar{V}_{1990}^{1961} - \bar{V}_{2012}^{1997}$.

Днепропетровск ($4,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), Донецк ($4,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). На всех станциях отмечается тренд уменьшения среднесуточной скорости в апреле месяце за исследуемый период. В 26% случаев наблюдалась скорость $1-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$; преобладала средняя величина скорости в градациях $2-3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (41%), а скорость ветра в градациях $3-4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ отмечена в 17%. Скорость выше $4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ наблюдалась в 16% случаев (рис. 2.5).

В Днепропетровской области в распределении среднесуточной скорости ветра в 75% случаев наблюдается правосторонняя асимметрия $A > 0,5$, в 12,5% случаев - умеренная ($A=0,26$). На станции Днепропетровск ($A=0,04$), что свидетельствует о симметричном распределении данной характеристики. Коэффициент эксцесса в 62,5% случаев $K > 1$, что указывает на островершинность распределения.

В Луганской области асимметрия, в основном, слишком правосторонняя, коэффициент эксцесса в 63,3% случаев $K > 1$, что свидетельствует об островершинности распределения. На станциях Дарьевка и Новопсковское $K=2,60$ и $K=3,04$ соответственно.

В Донецкой области распределение среднесуточной скорости ветра на метеорологических станциях асимметрично правостороннее. Значения A варьируют в пределах от 0,55 до 0,84, за исключением АМСГ Донецк, где $A=0,19$, что свидетельствует о слабой правосторонней асимметрии. Исходя из значений коэффициента эксцесса, в целом кривая распределения среднесуточных скоростей ветра заострена умеренно в 52% случаев и носит более пологий характер нежели, в Днепропетровской и Луганской областях.

В Харьковской области распределение данной характеристики в апреле за исследуемый период умеренно асимметричное с правосторонней скошенностью в 21% случаев. Коэффициент асимметрии лежит в пределах $0,5 < K < 1,0$ в 69% случаев. Анализ коэффициентов эксцесса свидетельствует, что в 60% случаев кривая распределения заостренная и островершинная.

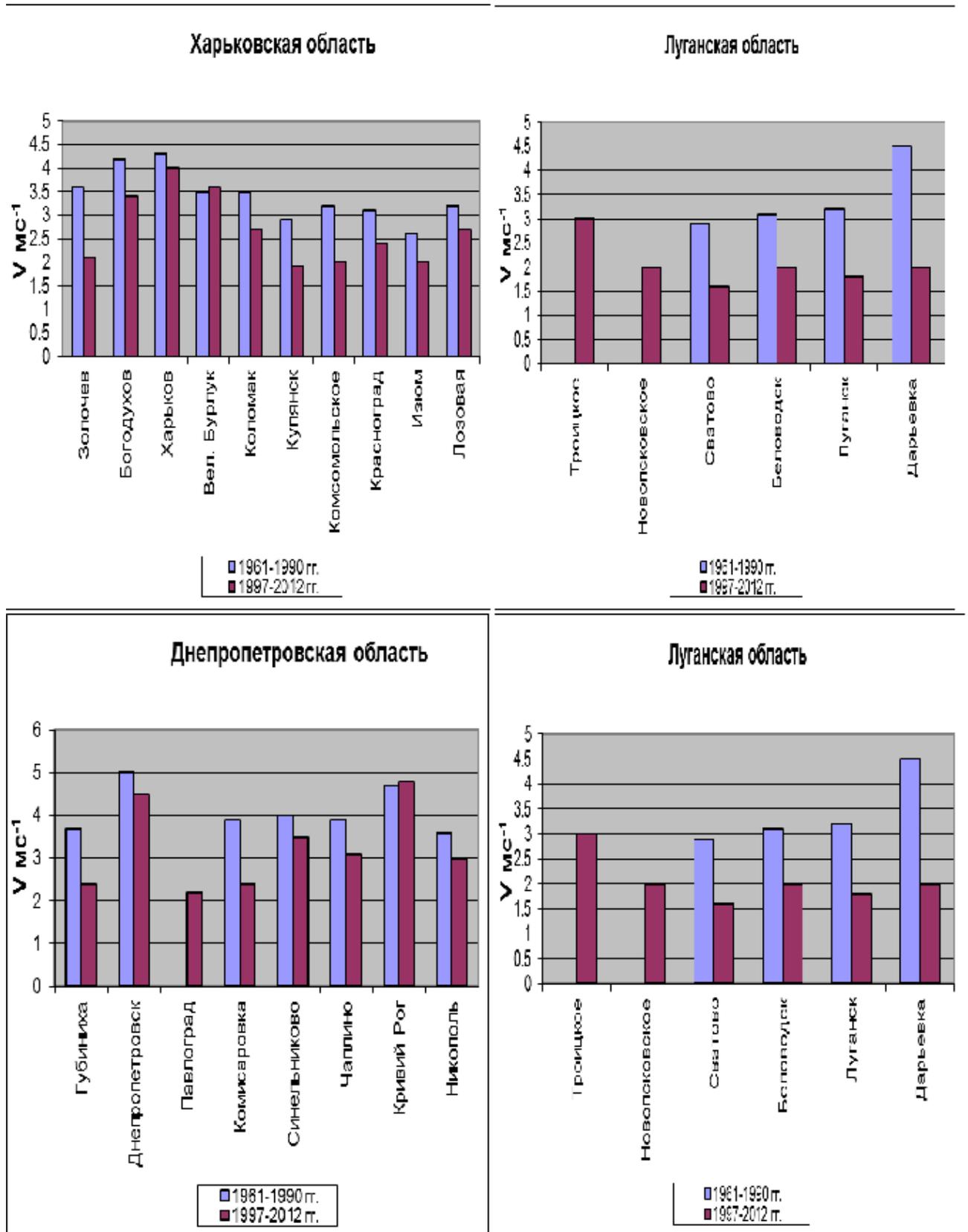


Рис.2.5 - Распределение среднесуточной скорости ветра над востоком Украины за 1961-1990 и 1997-2012 гг. в весенний период

На станции Харьков распределение скорости ветра носит слабую правостороннюю асимметричность $A=0,14$ и близко к кривой нормального распределения.

2. 2. Режим направлений ветра над заданным районом

Направление ветра имеет большую пространственно–временную изменчивость даже в пределах небольшого региона. Эта характеристика ветра определяется совокупностью местных физико-географических условий и циркуляционных факторов [30]. Направление ветра является очень важным показателем в метеорологических прогнозах [66,81]. Некоторые потребители не могут вести работы при опасных для них направлениях ветра, например, наблюдается сильная загазованность района, залповые выбросы загрязняющих веществ. Для строителей высотных объектов, малой авиации боковой ветер даже при скорости до $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ может быть опасным.

В рамках данной работы рассматривается режим направления ветра для восточной урбанизированной части Украины. Для всех скоростей ветра в центральные месяцы сезонов рассчитаны повторяемости различных направлений ветра в основные сроки наблюдения. Результаты расчетов повторяемости направлений ветра по румбам и штилей для 30 станций Восточной Украины представлены в Прил. А, табл. А.1–А.16. С целью улучшения наглядности этой информации приведены розы ветров по восьми румбам. Анализ полученных роз ветров показывает очевидное преимущество северного, северо-западного и южного направлений независимо от сроков наблюдений на всех станциях.

Для сравнительного анализа использовались направления ветра, взятые из «Кадастра климата Украины» [44, 45] за периоды 1961-1990 гг. и данные восьмисрочных наблюдений метеостанций востока Украины за

1997-2012 гг., по которым составлены диаграммы роз ветров в основные месяцы сезона и за год.

Рассматривая годовые изменения направлений ветра на станциях Харьковской области, напрашивается вывод, что летом преобладают ветры западных, северо-западных и северных направлений; зимой наблюдаются ветры северо-восточные, восточные и юго-восточные. Для сравнения направлений ветра по метеостанциям области рассчитан коэффициент корреляции Пирсона (обозначается "r"), который показывает зависимость между двумя переменными X та Y, изменяется от -1 до +1 включительно и дает возможность оценить степень линейной зависимости между двумя переменными.

Коэффициент корреляции между двух переменными равняется ковариации двух переменных или сумме произведений отклонений, деленных на произведение их стандартных отклонений.

Для двух выборок $x^m = (x_1, \dots, x_m)$, $y^m = (y_1, \dots, y_m)$;

коэффициент корреляции рассчитывается по формуле [100]:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad . \quad (2.1)$$

где x_i , y_i – переменные из двух выборок данных; где \bar{x} , \bar{y} – среднее (математическое ожидание) в каждом ряду. Расчетные данные представлены в табл. 2.5. Вначале рассмотрим общие полученные характеристики направления ветра по станциям области, а затем проанализируем расчетные статистические моменты с помощью коэффициента Пирсона.

На метеостанции Золочев в предшествующем периоде (1961-1990 гг.) незначительно преобладали ветры южного (14,3%) и юго-западного направления (13,8%), а в данное время преобладают ветры северного направления (34.5%); значительно уменьшилось влияние западных, северо-

западных и восточных румбов с 13,5 до 9,3 и с 13,4 до 7,3 и с 13,5 до 7,1 % соответственно. Уменьшилась повторяемость юго-восточных с 12,7% до 9,3%.

На метеостанции Богодухов в современный период в сравнении с предшествующим выделяются ветры северо-восточного направления, повторяемость которых выросла с 11,2 до 44,1%. При этом значительно уменьшилась повторяемость других направлений, особенно северных румбов (с 10,8 до 3,0%) и восточного (с 14,8 до 3,3%). На станции Купянск повторяемость северного ветра увеличилась до 61,4%, уменьшилось повторение ветров восточных, северо-восточных и южных направлений соответственно с 12,5 до 0,2%, с 12,2 до 2,5% и с 10,6 до 5,5%. По результатам наблюдений на станции Коломак в данное время преобладает северное направление ветра (52,6%), на фоне этого уменьшилось повторение направлений других румбов и только юго-западные и западные остались практически в тех же пределах. Упала повторяемость восточных, северо-восточных и южных направлений с 16,1 до 5,6%, с 12,1 до 0,8% и с 12,6 до 0,5% соответственно.

На метеостанции Комсомольское не эволюционируют юго-западные и западные направления ветра, повторяемость направлений этих румбов остались такими же. Упала повторяемость восточных, северо-восточных и южных направлений.

В январе величина коэффициента корреляции Пирсона (табл. 2.5) больше 0,9 только для метеостанций Коломак и Золочев, т.е. в январе месяце направления ветра для этих станций одинаковое. В июне месяце по метеостанциям Золочев, Великий Бурлук, Харьков, Коломак, Комсомольское величина коэффициента корреляции Пирсона колеблется в пределах 0,904-0,996 и по величине больше 0,9, из этого следует, что на данных метеостанциях в июле ветры всех направлений равнозначны.

Таблица 2.5

**Вариативность коэффициента Пирсона по метеостанциям
Харьковской области**

июль январь	Богодухов	Золочев	Великий Бурлук	Харьков	Коломак	Комсо- мольское
Богодухов	1	0,704	0,786	0,674	0,727	0,671
Золочев	0,628	1	0,923	0,996	0,994	0,978
Великий Бурлук	0,393	0,836	1	0,913	0,906	0,904
Харьков	0,898	0,848	0,662	1	0,978	0,997
Коломак	0,557	0,910	0,654	0,811	1	0,973
Комсо- мольское	0,578	0,696	0,815	0,705	0,762	1

В городе Харьков направление ветра рассматривается за период 1997-2012 гг. в сравнении с климатической нормой Кадастра. В январе развита циклоническая деятельность, что приводит к преобладанию ветров западных, юго-западных направлений, уменьшается вес юго-восточного ветра, а также северного до 8,1%, северо-восточного до 9,8%, северо-восточного соответственно до 10,3%. В апреле происходит перестройка барических полей, которая приводит к усилению восточных направлений ветра на 6,3% , повторяемость западных ветров уменьшается с 15,8 до 12,1%, а северных увеличивается (Прил.А, рис. А.14).

Летом увеличивается количество штилей и ветров небольших скоростей с северной составляющей. Это соответствует антициклональной погоде,

сформировавшейся под действием постоянно действующих барических центров в атмосфере. В октябре сохраняется тот же процент повторяемости западных ветров, но увеличивается количество случаев юго-восточного и южного ветра, северная составляющая уменьшается на 5,6%.

Роза ветров Донецка для января представлена в (Прил. А, рис. А. 5). Зимой территория находится под влиянием Сибирского антициклона, что обуславливает преобладание западных ветров (повторяемость 15,6%) и ветра юго-западного (15,7%) и северо – западного направлений. Станция Донецк находится на Донецкой возвышенности (наивысшая точка находится возле Дебальцево), случаи штиля отмечаются в 5% случаев. Весной действие сибирского антициклона ослабевает, усиливается действие орографического фактора, увеличивается количество солнечной радиации. На розе ветров апреля (Прил. А, рис. А.6) видно, что преобладает восточное и юго-восточное направление. В июле днем фиксируется восточный и северо-восточный перенос. Часто наблюдается малоградиентное поле, подтип 3.2, в соответствии с типизацией синоптических процессов, которая изложена в п. 3.1. В октябре (Прил.А, рис. А.7) в 16,3% случаев доминируют восточный перенос, хотя в 12,9% соответствует юго-восточное направление ветра, и почти с таким же процентом наблюдаются западные ветры (12,3%). Режим ветра Донецкой области формируется под влиянием рельефа (Донецкий кряж), сказывается влияние Азовского моря. Преобладающими ветрами для г. Мариуполя являются северо-восточные.

Часть Луганской области находится в области Донецкого кряжа (метеостанция Дарьевка), часть на равнинной территории. Преобладающие направления ветра в январе (Прил. А, рис. А. 8) западные, восточные и юго-западные. Меньше чем в 5% случаев наблюдаются северные румбы ветров. Территория области зимой находится под влиянием западных отрогов Сибирского антициклона, хотя наблюдаются и южные циклоны. С циклонической деятельностью связаны большие скорости ветра и продолжительные метели. На апрельской (Прил.А, рис. А. 9) розе ветров

сохраняется преобладание ветров восточных направлений. На станциях Луганской области фиксируется в июле самое большое количество штилей (31 %). Восточный ветер сохраняет главенствующее направление в июле и в октябре. Осенью усиливается западная составляющая ветра.

Наибольшую повторяемость зимой в Днепропетровске имеют западные и юго-западные ветры (Прил. А, рис. А. 9). Сказывается влияние юго-западных отрогов Сибирского антициклона. По классификации синоптических процессов, изложенной в п. 3.1, в январе на территории исследуемого района наблюдаются подтипы 6.4, что соответствует выходу южного циклона, который вызывает резкую смену направления ветра, образование смерчей, шквалов, метелей [58, 66] и др. стихийных гидрометеорологических явлений. В начале весны (рис. Прил. А, рис. А. 10-11) усиливается восточная (17,9%), юго-восточная и южная составляющая. Летом в 20% случаев наблюдается северный ветер, при сохранении также северо-восточного, восточного направления. При анализе розы ветров в октябре (Прил. А, рис. А. 12) только на 3% больше повторяемость западного ветра, нежели северного, все другие направления имеют практически одинаковую повторяемость.

2.3. Особенности условий формирования слабого ветра, способствующие загрязнению атмосферного воздуха городов: Донецк, Днепропетровск, Харьков

2.3.1. Урбометеорологические факторы загрязнения атмосферного воздуха для городов с населением миллион и более человек

Влияние метеорологических факторов на загрязнение воздуха имеет сложный характер. Связи между уровнями концентраций и

метеорологическими факторами в ряде городов похожие. Это объясняется тем, что наблюдается некоторое сходство в структуре выбросов и использованием при выполнении разработок характеристик обобщенной городской составляющей загрязнения воздуха [22, 78, 86]. Но, при нестандартной структуре выбросов, особенно в тех случаях, когда главные источники выбросов расположены в одной части города или за его пределами, характер связи между концентрациями и метеорологическими факторами имеет свои особенности. Одним из важных этапов построения статистической прогностической схемы [87, 88] является формирование состава предикторов (270-300). Из многих возможных предикторов необходимо отобрать с одной стороны те, которые больше всего отображают физические закономерности распространения примесей в атмосфере, а из второго - предикторы должны быть такими, которые прогнозируются и доступные в оперативной практике. Наиболее характерные метеорологические факторы: направление и скорость ветра, синоптические условия, инерционный фактор [28].

Направление и скорость ветра. В Харькове, городе с 1,5 миллионным населением, расположено 10 лабораторий по контролю загрязнения атмосферного воздуха «Пост-2» (далее именуем словом «Пост»). Наблюдения метеорологических параметров и отбор проб воздуха наблюдателем производятся в 7 и 19 ч поясного времени. Расположены посты по городу неравномерно, в 60% случаев они находятся среди многоэтажных домов, которые препятствуют свободному воздухообмену; не на всех постах есть анеморумбометры (дистанционные приборы для измерения скорости и направления ветра), которые установлены на высоте меньше стандартной (10-12 м), не учитываются орографические особенности (наличие зеленых насаждений, водоемов и т.д.). Урбанизация городской среды вносит свои коррективы в характеристики ветра (рис. 2.6). Возникает микроциркуляция воздуха, вследствие неравномерности нагревания затененных и освещенных частей улиц и домов. При наличии водоемов дневной поток направлен от

водоема к застройке. Направление ветра в городе зависит от направления улиц, если воздушный поток встречает препятствие, то скорость уменьшается,

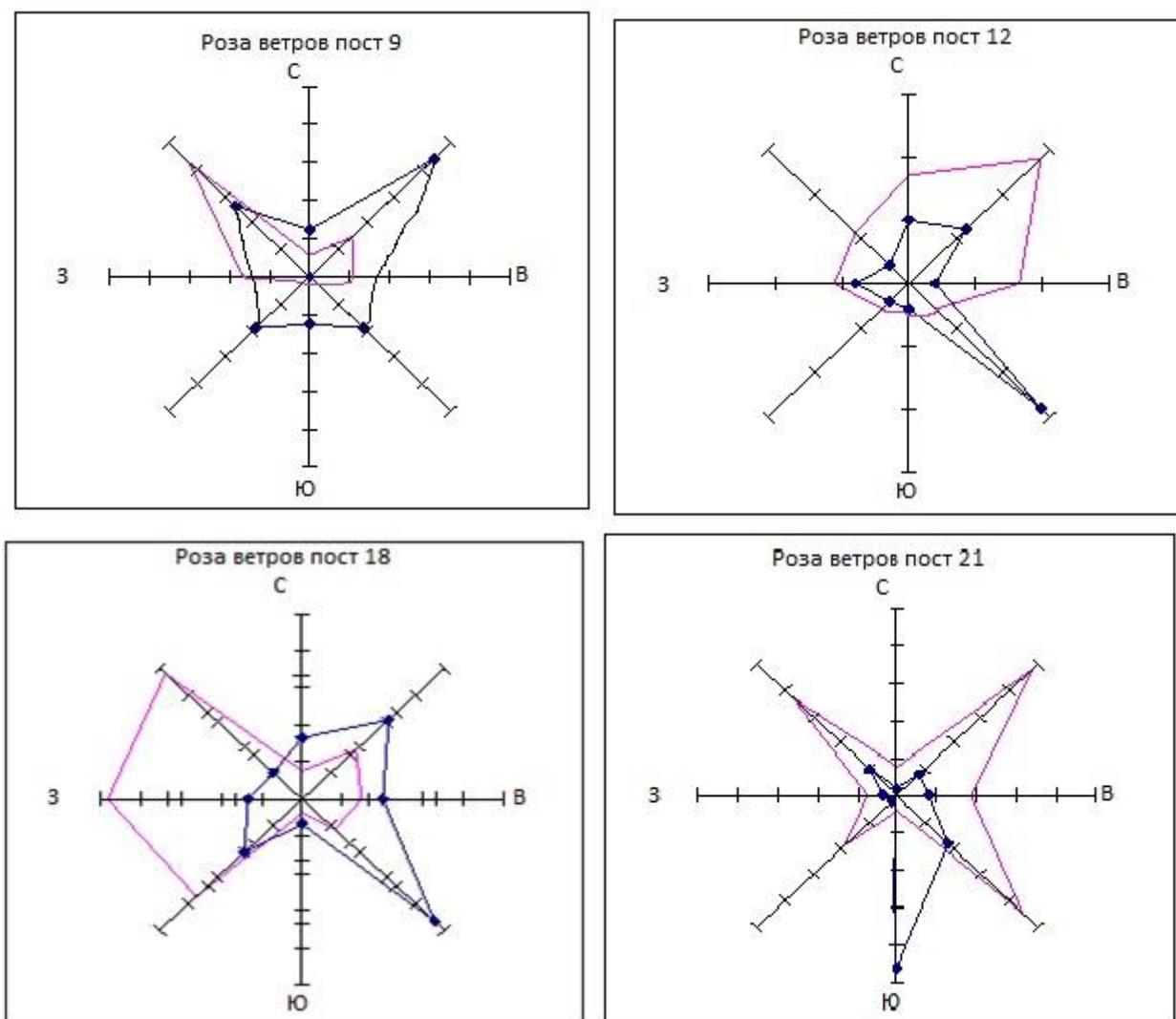


Рис. 2.6. Розы ветров по данным лабораторий по контролю загрязнения «Пост-2» г. Харькова в холодный и теплый периоды года

направление меняется, увеличивается порывистость. Результаты многих опытных градиентных измерений и теоретических выкладок (Прандтля, Мони́на-Обухова, Ричардсона) подтверждают логарифмический закон распределения скорости ветра в приземном слое атмосферы при безразличной стратификации. Ветровые наблюдения (табл. 2.6) на постах не позволяют в полной мере охарактеризовать суточный ход направления и скорости ветра, учесть параметры шероховатости и турбулентности.

Теоретические выкладки по данному вопросу достаточно хорошо представлены в работах [86, 91, 127].

Таблица 2.6

Суточный ход средней скорости ветра на постах г. Харькова

Лаборатория по контролю загрязнения атмосферного воздуха «Пост-2»	Количество штилей (%)		Средняя скорость (м·с ⁻¹)		Максимальная скорость (м·с ⁻¹)	
	январь	июль	январь	июль	январь	июль
1	2	3	4	5	6	7
Пост 9	24,0	7,4	2,2	3,0	7,0	5,0
Пост 12	26,0	5,5	2,8	1,7	7,0	3,0
Пост 11	2,0	11,1	1,5	1,2	6,0	3,0
Пост 18	2,0	24,1	3,7	2,6	8,0	7,0
Пост 21	2,0	7,4	3,5	3,5	8,0	8,0

Проанализируем полученные на постах характеристики ветра в городе. Средняя скорость ветра по городу в течение года изменяется от 1,2 м·с⁻¹ до 3,7 м·с⁻¹. Минимальные значение скорости наблюдается на Посту № 11 и составляют: в январе 1,5 м·с⁻¹, а в июле 1,2 м·с⁻¹; низкие характеристики величины могут быть связаны с расположением поста в центре города среди многоэтажных домов плотной застройки (рис. 2.7). Наибольшие средние скорости ветра наблюдаются в январе на посту № 18, что на 48% больше, чем на других постах, потому что направление проспекта Сталинграда совпадает с направлением преобладающих ветров

января (юго-восток, восток). В июле скорость ветра на посту № 21 выше средней скорости по городу на 40%, что может быть связано с установкой

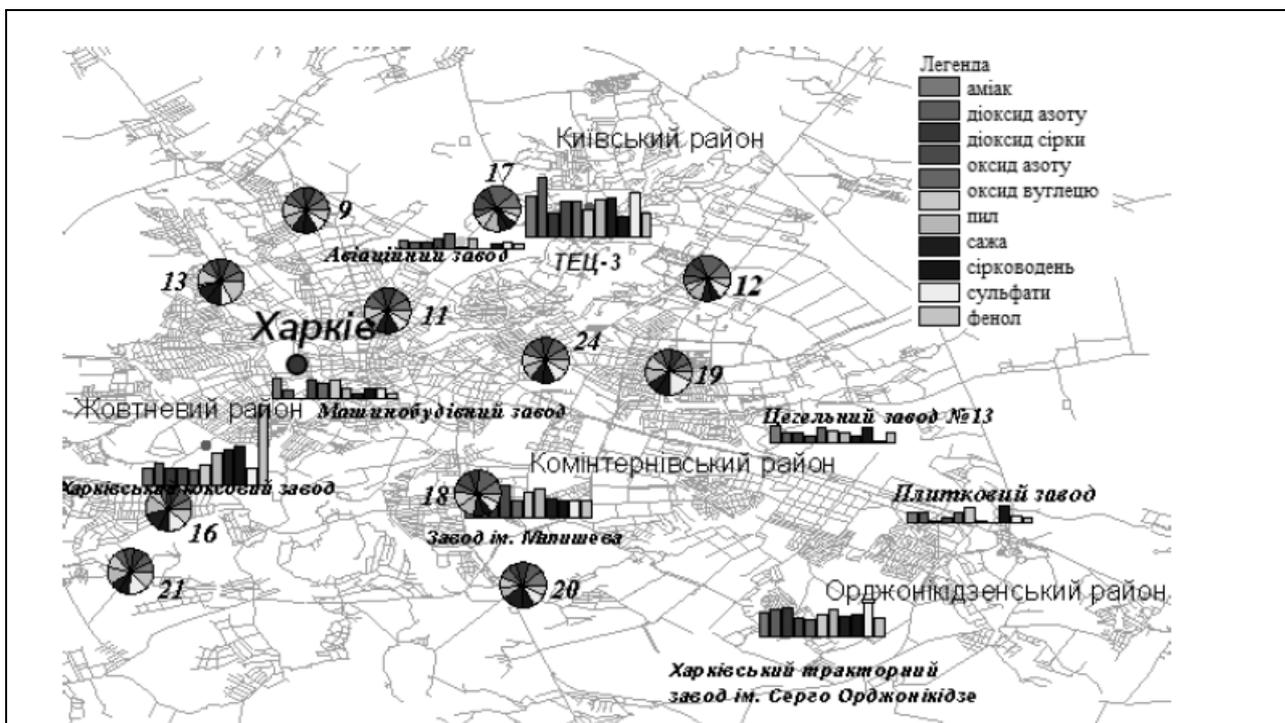


Рис. 2.7. Схема расположение постов по контролю загрязнения г. Харьков

поста на некоторой высоте в окружении одноэтажных домов частного сектора, т.к. на улице Луначарского только два многоэтажных дома (школа и больница).

Средняя скорость ветра по данным постов по городу составляет $2,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, что на 32% меньше, чем скорость ветра, рассчитанная на основе 8-срочных метеорологических наблюдений на АМСГ г. Харьков. Количество штилей на постах наблюдений № 9 и № 12 в 4,7 раз больше в январе, чем в июле (северное направление) и связано с закрытостью горизонта. Среднее количество штилей по городу в январе составляет 11,2%, а по Харьковской области 4%, летом по городу 11,2%, а по области 6%.

При прогнозе метеорологических условий загрязнения атмосферы необходимо определить среднюю скорость ветра в слое перемешивания, а при отсутствии этого слоя – скорость ветра у поверхности земли, как фактор

интенсивности смены воздушных масс [32, 35]. Толщина слоя перемешивания определяется по аэрологическим диаграммам за утренний срок (в Харькове это ночной выпуск) с учетом максимальной температуры воздуха. Очень важно учитывать микроциркуляцию воздуха в городе, высоту слоя обращения.

Синоптические условия. Синоптическая ситуация представляет собой сложную комплексную характеристику, которая отображает основные черты метеорологических и аэрологических условий во всем приземном слое атмосферы.

При застойных явлениях и малоактивном развитии процессов складываются наиболее неблагоприятные метеорологические условия, способствующие накоплению вредных примесей если атмосферные процессы активны, то приземный слой воздуха быстро очищается.

Из анализа повторяемости типов синоптических процессов видно, что в январе антициклоническая циркуляция наблюдается в 37% случаев, летом эта величина возрастает до 51%. По фактической и прогностической карте определяются тип синоптической ситуации и код циркуляционного параметра Кц, который играет немаловажную роль при прогнозировании метеорологических условий высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха. В осенне - зимний период высокий уровень загрязнения в г. Харьков связан с наличием инверсий при штиле и слабых ветрах.

2.3.2. Статистическая оценка уровней загрязнения атмосферного воздуха пылью

Уровни загрязнения атмосферы пылью. Статистико-временной анализ по выявлению уровней превышения предельно допустимых концентраций

(ПДК) пыли проведен за период 2001-2010 гг. в сроки наблюдений: 01-00, 07-00, 13-00, 19-00 UTC. Рассматривались превышения среднесуточных предельно допустимых концентраций пыли (ПДК_{сс} составляет 0,05 мг/м³), и максимальных значений (ПДК_{мр} - 0,15 мг/м³). В период исследования отмечено постоянное превышение предельно допустимых среднесуточных концентраций пыли с апреля по октябрь, особенно в переходные месяцы сезонов, со значением 0,17 мг/м³. В январе 2001-2004 гг. наблюдается отрицательный тренд загрязнения атмосферного воздуха пылью с близкими к норме значениями в 2004 г. и 2009г. - 0,06 мг/м³. В 2005 г. и 2010 г. превышение ПДК пыли увеличивается в два раза и составляет 0,12 мг/м³. Кривая распределения загрязнения в июле повторяет январскую кривую с максимальным значением 0,17 мг/м³, что отображено на графике (рис. 2.8). Если изобразить кривую распределения, то можно отметить наличие волнообразного графика с нарастающей амплитудой колебаний с максимальным значением, превышающим предельно допустимую норму 0,16 и 0,19 мг/м³ соответственно в 2007 г. и 2010 г. Именно в эти годы

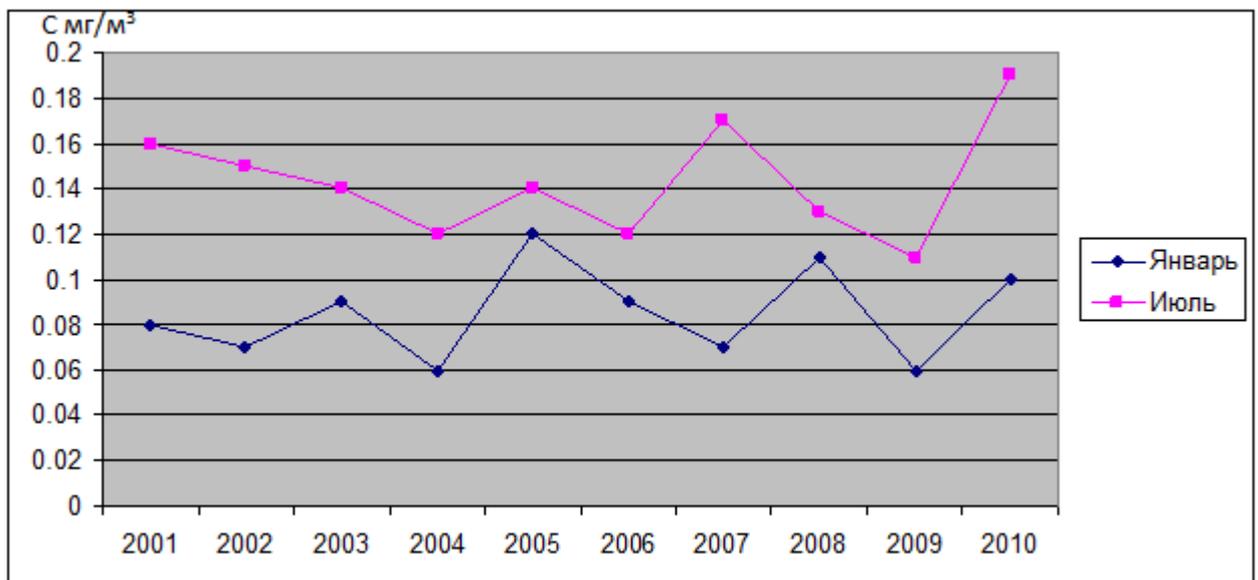


Рис. 2.8. Временное изменение среднесуточной концентрации пыли

2001-2010 гг., г. Харьков (январь, июль)

наблюдались блокирующие антициклоны и отмечены самые максимальные температуры за весь ряд метеорологических наблюдений в г. Харькове. Содержание пыли в воздухе увеличилось, ПДК сс превысило значение 0,17 мг/м³. В июле и в августе 2010 г. зафиксированы максимальные за десятилетие значения среднесуточных концентраций пыли 0,19 мг/м³ и 0,16 мг/м³, превышающие ПДКсс в 3,8 и в 3,2 раза соответственно. В переходные сезоны наблюдается перестройка барических полей, смена циркуляционных потоков воздуха в атмосфере, что находит отражение в изменении среднесуточной концентрации пыли (рис.2.9). В г. Харькове основными источниками пыли являются: ТЭЦ -5, Змиевская ТЭЦ, коксохимический завод, мощный машиностроительный комплекс (бронетанковый, завод им. Малышева, тракторный завод, турбинный, подшипниковый заводы и др.), автомобильный транспорт. В аварийном

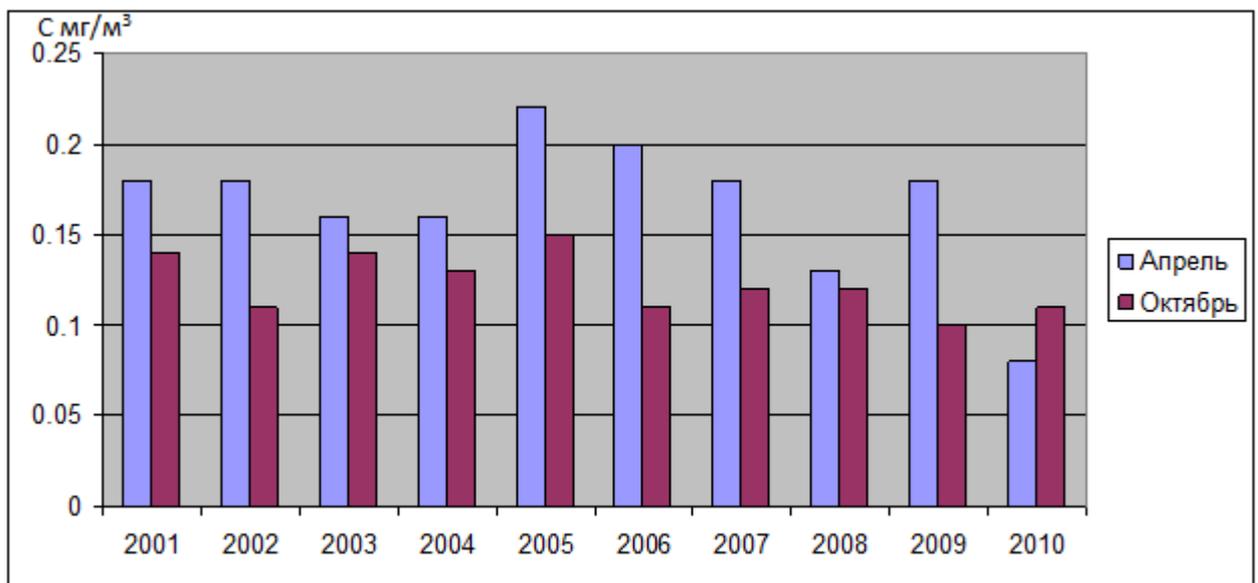


Рис. 2.9. Временное изменение среднесуточной концентрации пыли

2001-2010 гг., г. Харьков (апрель, октябрь)

состоянии находится более 40% автодорог. В городе расположен крупный железнодорожный узел и пересекаются основные автомагистрали Украины.

В сентябре показатели загрязнения по пыли за десятилетие держатся на достаточно высоком уровне и достигают $0,17 \text{ мг/м}^3$, в октябре и ноябре уменьшаются соответственно до $0,12 \text{ мг/м}^3$ и $0,10 \text{ мг/м}^3$. Превышение ПДК пыли в 3,6 раза отмечается в 2010 г. постепенным уменьшением к ноябрю до превышения в 1,68 раз, что составляет $0,08 \text{ мг/м}^3$.

Рассмотрим подробнее хронологию распределения полей максимальной концентрации загрязнения по городу в течение исследуемого периода.

В 2001 году отмечено 8 случаев превышения ПДК, что составляет 73% от общего количества загрязняющих эпизодов на посту № 13, 18% на посту № 9 и 1 случай на посту №12.

В течение 2002 года – 64% от общего количества случаев превышения ПДК наблюдались на посту № 13, 27% – на посту № 9 и 9% – на посту №19.

За 2003 год – 50% отмечено на посту № 13, 33% на посту № 9 и 8,5% на постах № 19 и № 16. В 2004 г. уже 82% от общего количества случаев превышения ПДК зарегистрированы на посту №13 и 18% – на посту № 9.

За 2005 год – 42% случаев превышения ПДК пыли отмечено на посту № 13, 50% случаев на посту № 9 и 8%– на посту № 18. Резюмируя выше полученные результаты, определяется высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха пылью в районе кирпичного завода на посту № 13, что находится на линии восточных ветров (Прил. А, рис. А 13 - А 16). Наличие большого количества автомобильного транспорта при соответствующих метеорологических условиях (штиль, неустойчивый ветер) усиливает концентрацию пыли в воздухе на посту № 9, который находится на перекрестке проспекта Ленина и улицы 23 Августа.

За 2006 год выявлены уровни максимального разового загрязнения пылью 29 ноября (ПДК_{мр} $0,24 \text{ мг/м}^3$) на посту № 11 при преобладающем восточном ветре скоростью 7 мс^{-1} ; 13 декабря на посту № 9 получено

значение загрязнения $0,16 \text{ мг/м}^3$ при северо-восточном направлении ветра скоростью 4 мс^{-1} .

За 2007 год большая часть (1, 5, 14-16, 19, 21-31) марта сопровождалась случаями превышения ПДК_{мр} пыли с максимальным значением $0,39 \text{ мг/м}^3$ при наличии восточного ветра скоростью 6 мс^{-1} , однако в 50% наблюдений отмечался штиль, а в остальных случаях юго-восточный перенос скоростью $2-3 \text{ мс}^{-1}$, синоптическая ситуация определялась малоградиентными полями и южными отрогами антициклонов. Отобранные пробы 23 ноября показали превышение максимально-разовой предельно допустимой концентрации пыли ($0,17 \text{ мг/м}^3$) при направлении ветра 140° , скорости 2 мс^{-1} и зарегистрированном атмосферном давлении 760 мм рт.с.

За 2008 год зафиксировано 10 случаев превышения ПДК_{мр}, из них 30% приходится на март. Загрязнению атмосферного воздуха пылью в эти дни (12, 15, 25) способствовало наличие малоградиентного поля со штилем. На посту № 19 (в районе цементного завода) отмечено превышение ПДК_{мр}, которое достигло $0,23 \text{ мг/м}^3$; оно наблюдалось при безветренной антициклональной погоде в течение недели ноября (7-11). Метеорологические условия высокого загрязнения (МУВЗ) прогнозировались 13-20 декабря. Измерения концентрации пыли 18 декабря достигли ПДК_{мр} на посту № 19. Прогноз МУВЗ оправдался.

В 2009 году в течение холодного периода зарегистрировано 4 случая превышения ПДК_{мр}, которые наблюдались на посту №19 в 2 раза превысили пределы допустимых концентраций: при этом антициклональная безветренная погода способствовала усилению загрязнения атмосферного воздуха.

Случай превышения максимальной концентрации в 6,5 раз наблюдался 31 марта 2010г, сопровождался антициклональной синоптической ситуацией (подтип 3.1). Анализ изменения концентраций в отобранных пробах на пыль показал, что эта примесь значительно ухудшает состояние атмосферного воздуха миллионного города и требует системного

подхода при решении задач муниципального развития. Большое значение приобретают знания природных факторов, циркуляции атмосферы при разработке сценариев регионального развития в условиях глобального изменения климата [28].

Вторым крупным промышленным городом - конгломератом на юго-востоке Украины остается Днепропетровск. Основными источниками загрязнения являются предприятия металлургии (металлургический комбинат им. Г.И. Петровского, ОАО Интерпайп Нижнеднепровский трубопрокатный завод), электроэнергетики (Приднепровская ТЭЦ, «Днепрококс»), машиностроения (ПО «Днепртяжмаш», лакокрасочный завод, ПО «Днепршина»). В городе производится отбор проб атмосферного воздуха на семи стационарных и 3 автоматизированных постах. Немалый вклад в картину общего загрязнения вносит и автотранспорт. На его долю приходится 24% от всех выбросов токсических веществ. Доминирующими загрязнителями воздуха в городе есть формальдегид, бенз(а)пирен, диоксид азота. За десятилетие практически в каждый год наблюдается превышение ПДК по данным примесям. Одной из характеристик оценки качества воздуха, также как и для других городов, является роза ветров и изучение влияния направления и скорости ветра на формирование, распространения, накопления примесей [27, 28]. В переходные сезоны на протяжении исследуемого периода в Днепропетровске отмечались высокие уровни загрязнения, усиленные природными и метеорологическими факторами. Рассмотрим суточный ход характеристик ветра для апреля (Прил. А, рис. А.2). В сроки 00, 03, 06 UTC в 55% случаев формируются восточные и северо-восточные направления ветра. С восходом солнца происходит прогревание земной поверхности, усиление турбулентности, усиливается взаимодействие между нижними и более верхними слоями воздуха, отмечается правый поворот ветра и направление приобретает южную составляющую, максимальное среднее значение скорости ветра достигает в 13-14 часов и составляет $5,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. По мере ослабления турбулентности, под

влиянием внешнего трения, скорость уменьшается и воздушный поток приобретает восточное и северо-восточное направление. Опасной, с точки зрения накопления примесей, для Днепропетровска есть штиль, небольшая скорость $2-5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и наличие инверсий так же способствуют усилению загрязнения даже при больших скоростях. В городах Днепропетровской и Донецкой области четко выражена тенденция постепенного уменьшения концентраций загрязняющих примесей при переходе от полей высокого давления к полям низкого давления и подтверждается вывод [35] о макрометеорологической обусловленности уровня концентраций.

Инерционный фактор. Степень загрязнения воздуха в городах связана с инерционным фактором. Загрязнение воздуха Q в городе зависит от его значения Q' в предыдущий день. Если в предыдущий день значения Q' (или другого показателя загрязнения воздуха в городе) большое, то и в текущий день загрязнения воздуха, как правило, будет повышено, если синоптические условия не изменяются. Другая картина наблюдается, когда значение обобщенного по городу показателя загрязнения воздуха малое ($Q' \leq 0.7$) [57, 35]. В этом случае в текущие дни чаще всего отмечается снижение загрязнения воздуха, если только не отмечаются залповые выбросы, в том числе и в такой неблагоприятной ситуации, как застой воздуха. Коэффициент корреляции между значениями показателя Q в предыдущие дни $0.6 - 0.8$. Q в Харькове по диоксиду азота - 0.78 , в Кривом Роге по фенолу - 0.67 . Влияние инерционного фактора установлено почти для всех городов, где проводились исследования [27, 28, 35].

2.3.3. Прогноз метеорологических условий высоких уровней загрязнения (на примере г. Харькова)

Часть метеорологических факторов, которые влияют на концентрацию примесей в воздухе, могут быть неизвестны. Однако при учете устоявшегося

уровня загрязнения воздуха они в какой-то мере учитываются автоматически. В большинстве методов [18, 21, 22, 59, 78, 87] в качестве предикторов используются такие факторы: v_0 - скорость (мс^{-1}) и d_0 - направление ветра в (градусах) на высоте анеморумбометра; Δt , ($^{\circ}\text{C}$) - разница температуры между суточными температурами; Кц - тип синоптической ситуации (табл. 2.7); Q' - предыдущее нормируемое загрязнение воздуха. Кроме вышеупомянутых предикторов при наличии данных радиозондирования можно использовать и другие: V_{925} - скорость ветра на уровне изобарической поверхности АТ-925 гПа; $V_{\text{пер}0}$ (мс^{-1}) - средняя скорость ветра в слое перемешивания; Δt ($^{\circ}\text{C}$) - разница температур между уровнями земли и АТ 925 гПа; Н- высота слоя термодинамического перемешивания. Метеорологические факторы определяются по исходным и прогностическим данным на сроки 12, 24 и 36 часов. Использование фактических и прогностических данных на уровне изобарической поверхности 925 гПа обязательно для уточнения прогностических кривых стратификации температуры и влажности воздуха в нижнем километровом слое атмосферы. Определение слоя перемешивания Н сводится к нахождению его толщины по аэрологическим диаграммам. Верхняя точка рассчитывается как точка пересечения кривой состояния с кривой стратификации, с учетом ожидаемой максимальной температуры воздуха. Необходимо учитывать суточный ход температуры воздуха у поверхности земли и на высотах [35].

В отделе метеорологических прогнозов Харьковского регионального гидрометеорологического центра (РГМЦ) для определения толщины слоя перемешивания используют номограмму определения вертикального градиента температуры γ ($^{\circ}\text{C} / 100 \text{ м}$) [35]. По оси ординат откладываем разницу температур ($T_{\text{max}} - T_{\text{оз}}$), где T_{max} - прогнозируемая максимальная приземная температура, $T_{\text{оз}}$ - приземная температура в 03 ч поясного времени, что с апреля по ноябрь соответствует времени (00 UTC); вертикальному градиенту температуры в нижнем 1,5 км слое соответствуют наклонные линии. По оси абсцисс снимается искомое значение верхней границы слоя перемешивания. Для

оценки особенностей вертикального профиля скорости ветра в качестве потенциальных предикторов используются значения скорости ветра на изобарических уровнях 925 гПа (V_{925}) и 850 гПа (V_{850}) [28, 35].

Учет суточного хода проведен путем включения в число предикторов значения скорости ветра в ночной (00 UTC) срок наблюдений (V_0) и инерционного фактора. Если по прогностической кривой стратификации верхняя граница слоя H перемешивания близка к изобарической поверхности 850 гПа, то средняя скорость в слое $H - V$ пер. определяется по формуле 2.2

$$V_{пер} = (V_0 + V_{925} + V_{850}) / 3. \quad (2.2)$$

Если верхняя граница H слоя перемешивания близка к изобарической поверхности 925 гПа, то используется формула 2.3

$$V_{пер} = (V_0 + V_{925}) / 2. \quad (2.3)$$

В случае отсутствия слоя перемешивания учитывается значение скорости ветра на уровне анеморумбометра V_0 (прогностическое). Численные характеристики предиктора $V_{пер}$ определяется по табл. 2.7.

Таблица 2.7

Численные характеристики средней скорости в слое перемешивания [35]

Средняя скорость	Параметр K_n, K_v
0-3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
>10	10

Расчет комплексного показателя $K_{муз}$ производится по формуле 2.4

$$K_{муз} = K_{ц} + K_n + K_v. \quad (2.4)$$

Значение $K_{ц}$ находят по Прил. Б, табл. Б.4. Циркуляционный параметр $K_{ц}$ детализирован с учетом типизации синоптических процессов

для холодного периода в г. Харькове (табл. 2.8). Типизация синоптических процессов для г. Харькова приведена в каталоге (Прил. Б, табл. Б. 2), где синоптические ситуации поданы в виде индексов.

Таблица 2.8

Уточненные типы синоптических ситуаций с соответствующими характеристиками параметрами Кц (холодный период) г. Харьков

№	Синоптическая ситуация	Тип, подтип	Кц
1.	Центр антициклона, западная, северно-западная и северно-восточная периферии антициклона.	3.3 3.1	3
2.	Восточная, южная, и юго-западная периферии антициклона. Поле повышенного давления.	3.2	4
3.	Передняя часть ложбины. Теплый сектор с условиями формирования тумана, гололеда, мороси.	2.2 2.1	5
4.	Гребни, северная и северо-восточные периферии антициклона	1.2	6
5.	Поле пониженного давления, седловина, ложбина.	5	7
6.	Теплый фронт, фронт окклюзии.	5.1, 5.2	8
7.	Холодный фронт, тыл циклона	6.2, 6.3	9
8.	Южный циклон	6.4	10

При прогнозе МУЗ без учета весовых вкладов предикторов параметры Кмуз показаны в табл. 2.9, Необходимо помнить, что загрязнение

происходит не сразу после образования благоприятных условий. Вначале примеси накапливаются, но уровень загрязнения станет критическим только через 36 ч поэтому в тексте прогноза учитываются продолжительность благоприятных для загрязнения условий.

Таблица 2.9

Терминология прогноза МУЗ по комплексным показателям Кмуз при использовании трех предикторов (без учета весовых вкладов предикторов) [35]

Формулировка прогноза	Значение Кмуз
Ожидаются метеорологические условия высокого загрязнения (МУВЗ)	На срок прогноза и в предшествующие 12 и 24 ч: Кмуз =9-13 при прогнозе на ночь; Кмуз=9-16 при прогнозе на день;
Ожидаются кратковременные (МУВЗкр.)	На срок прогноза и в предшествующие 12 ч Кмуз =9-13 при прогнозе на ночь; Кмуз=9-16 при прогнозе на день;
Не ожидаются МУВЗ (н / о)	Сочетание значений Кмуз, при которых МУВЗ не ожидаются: а) на срок прогноза получены Кмуз >14(для ночи), Кмуз >17(для дня); б)на срок прогноза получены Кмуз13 (для ночи), 17 (для дня), а в предшествующие 12 ч, параметры Кмуз соответствовали критериям подпункта а);

Исходным материалом для расчета МУЗ в Харьковском региональном центре по гидрометеорологии служит следующий аэросиноптический материал, используемый синоптиком для составления прогноза погоды на ночь и день следующих суток: фактические карты погоды и карты

барической топографии 925 гПа, 850гПа за 00 UTC, кривая стратификации температуры, прогностические карты этих поверхностей на 24 и 36 часов.

Для расчета МУЗ применяется прогностическая информация регионального специализированного центра в европейском регионе (МСВЦ) – приземные карты и барические карты 925 гПа поверхности. Карты прогностического центра Оффенбах (Германия) на уровне 850 гПа барической поверхности применяются для прогноза температуры и скорости ветра на данном уровне. Оценка оправдываемости прогнозов МУЗ изложена табл. 2.10.

Таблица 2.10

Оценка оправдываемости прогнозов МУЗ [35]

Формулировка прогноза	Оправдываемость		МУВ(%)
	100%	50%	
Ожидаются МУВЗ	Наблюдалось МУВЗ	Наблюдалось МУВЗ кр.	Не наблюдалось
Ожидаются кратковременные МУВЗ	МУВЗ кр.	МУВЗ кр. не наблюдалось	–
МУВЗ не ожидаются	МУВЗ н/о	МУВЗ кр.	МУВЗ

Из анализа повторяемости штилей, слабых ветров для г. Харькова следует, что их максимум приходится стабильно на август. Летом ослабляется адвекция, происходит усиление местных факторов и радиационной составляющей климата. Частые штили в летние месяцы возникают под влиянием отрогов Азорского антициклона. Формируется антициклональный тип погоды: сухая, устойчивая, теплая, с засухой и суховеями в южных районах области. В каталоге синоптических ситуаций 17% приходится на синоптический тип 3, подтип 3.1 (рис.2.10). Этот тип циркуляции [36] содержит в себе антициклоны, ориентированные с запада

на восток, а также малоградиентное поле повышенного давления, гребни антициклонов, которые ориентированы с запада. Такие отроги есть

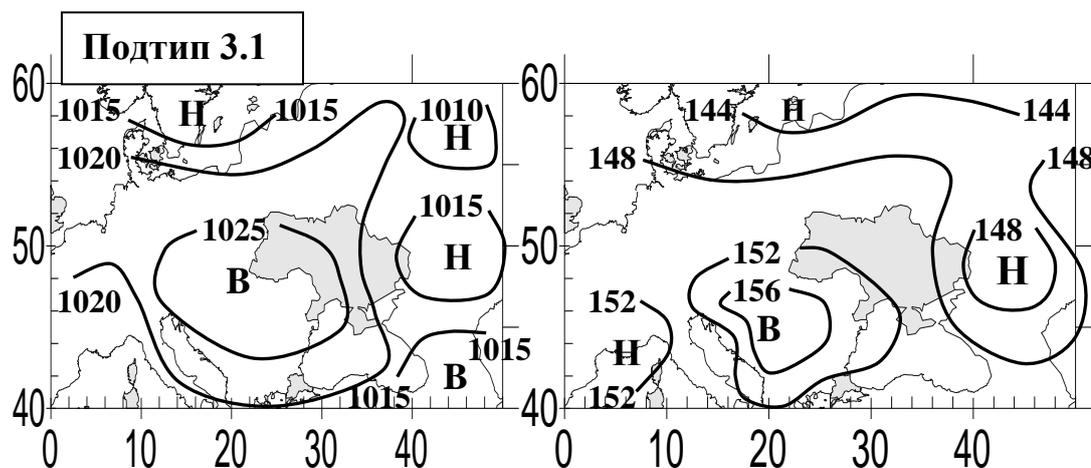


Рис 2.10. Синоптическая ситуация подтип 3.1

следствием непосредственного распространения высокого давления с области Азорского антициклона. Формирование гребней и небольших антициклонов происходит за холодными фронтами вследствие действия термических и динамических факторов изменения давления, а также под влиянием горных систем Центральной Европы. Область повышенного давления соединяется с Азорским антициклоном и преобразуется в его гребни. Формирование слабых ветров также связано с периферийными атмосферными процессами, к которым относятся переносы с северной, восточной, западной и южной составляющей. В июле 13% случаев приходится на подтип 1.1 (рис. 2.11). Этот подтип синоптических ситуаций,

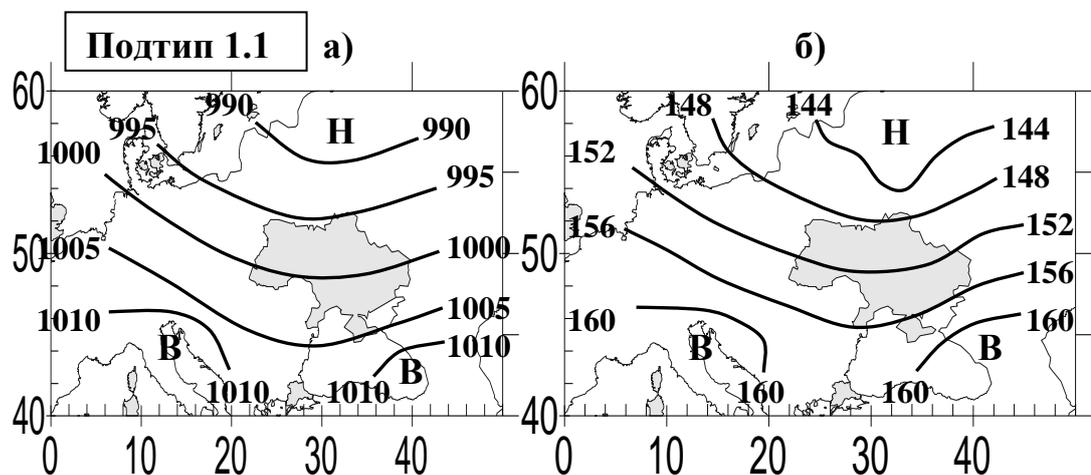


Рис. 2.11. Синоптическая ситуация подтип 1.1

связан с малоградиентным полем при переходе от циклона, который расположен над Баренцевым морем и зоной повышенного давления над районами Малой Азии и восточной части Средиземного моря. Влияние оказывает также ложбина, которая ориентирована с северо - запада и распространяется над Северной Атлантикой [26, 36]. Зимой штили и слабый ветер в городе Харькове связаны с действием Сибирского антициклона, малоградиентного поля повышенного давления. Средние барические градиенты колеблются от 0,7 до 1,5 гПа/111км, тип 3, подтип 3.3. Такая синоптическая ситуация повторяется в январе в 11% случаев (рис 2.12).

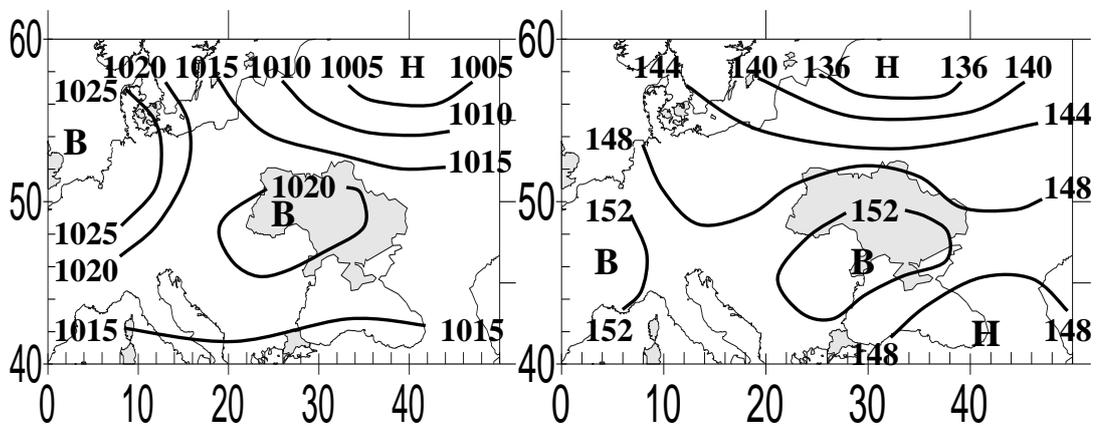


Рис.2.12. Синоптическая ситуация подтип 3.3

За исследуемый период наблюдалось более 15 эпизодов МУВЗ в г. Харькове, поэтому рассмотрим в качестве примера типичные и характерные. Неблагоприятные синоптические условия, способствующие повышенному содержанию концентрации примесей, отмечены 13-14 октября, 20-21 октября, 24 октября 2006 г (табл. 2.11). В соответствии с типизацией синоптических процессов, описанной в п. 3.1, в октябре наблюдалась антициклоническая циркуляция (подтип 3.2). Этот тип циркуляции представляет собой антициклоны, которые ориентированы с запада и востока, а также малоградиентные поля повышенного давления. 11-12 октября и в последующие дни г. Харьков находился под влиянием юго-восточной периферии антициклона с небольшим вертикальным температурным градиентом $\gamma = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ м}$. Ночью наблюдался слой перемешивания толщиной 300 м, который в 15 часов по мере развития

Таблица 2.11

Фрагмент каталога подтипов синоптических процессов и календаря последовательной смены ЭЦМ. Октябрь 2006 г. восток Украины.

Дата	Подтип	ЭЦМ
15	5.1	8а
16	5.1	12а
17	3.3	12а
18	3.3	12а
19	3.3	8гз
20	5.2	8гз
21	1.2	12бз
22	1.2	12бз
23	1.1	12г
24	1.1	12г

турбулентности достиг 500 м, отмечался слабый ветер на высоте анеморумбометра ($1-2 \text{ мс}^{-1}$), зафиксированный на АМСГ Харькова. При расчете средней скорости слоя перемешивания получилась следующая величина: $V_{пер} = 3-4 \text{ мс}^{-1}$, Кц находим по уточненной табл. 2.8. Сделав необходимые расчеты по формуле 2.4, получаем величину $K_{муз} = 13$. Учитывая условия формирования циркуляционных полей и прогноз будущего барического поля спрогнозированы условия МУВЗ в течении двух последующих суток 13 и 14 октября. Прогноз оправдался. Добавим, что восток Украины находился под действием антициклонального типа циркуляции 20 октября и в последующие дни. Результаты радиозондирования за 00 UTC 20.10.2006 показали наличие задерживающих слоев с отрицательным вертикальным температурным градиентом $\gamma = -0,1 \text{ }^\circ\text{C} / 100 \text{ м}$ и толщиной 300 м. При расчете $K_{муз}=12$ и 15 соответственно на 24 и 36 часов. Прогноз МУВЗ оправдался. Антициклональный тип погоды прослеживается и 24 октября. Харьков находится под влиянием западной периферии антициклона, малоградиентных барических полей, штилевых характеристик ветра.

Малоградиентное поле повышенного давления (тип 3), а также центральная часть антициклона (подтип 3.3), средние величины барических градиентов от 0,7 до 1,5 гПа/111км, преобладание штиля и отсутствие усиления скорости ветра даже в суточном ходе [26, 35], способствуют накоплению примесей и формированию задерживающих слоев толщиной 300 м и более, которые создают аномальные ветровые условия, приводящие к оседанию на город тонны загрязняющих веществ и представляющих опасность здоровью населения миллионного города [86, 111,121].

В целом можно сказать, что влияние ветра наиболее четко сказывается тогда, когда источники выбросов расположены за городом, или с наветренной или подветренной его стороны. Когда источники распространены равномерно по территории города, влияние направления ветра на формирование загрязнения часто не прослеживается [59, 85]. Выявление этого влияния на распределение вредных примесей усложняется развитием местной циркуляции атмосферы, местными особенностями и др. Например, в городах Донецк, Днепропетровск высокое загрязнение воздуха наблюдается при штиле, скорости ветра 2-5 мс^{-1} , в г. Мариуполь наибольшая повторяемость высокого уровня загрязнения при штиле, скорости ветра 3-5 мс^{-1} и 9-12 мс^{-1} .

В г. Харькове повторяемость штилей летом высока, потому здесь около 90% случаев высокого загрязнения воздуха наблюдается при штилях и скорости ветра 2 мс^{-1} , в г. Луганске - при скорости 1-3 мс^{-1} . Для низких источников выбросов формирование высоких уровней загрязнения воздуха наблюдается при слабых ветрах за счет накопления примесей в приземном слое [26, 37].

ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 2

– Установлено, что среднемесячные значения скорости ветра на территории юго-восточной Украины уменьшились в период с 1997 – 2012 гг.

на всех рассматриваемых станциях, увеличилась повторяемость слабого ветра.

– Анализ направлений воздушных потоков в районе востока Украины показал очевидное преимущество северных, северо-западных и южных направлений не зависимо от сроков наблюдений на всех станциях за последние 15 лет. Распределение других направлений существенно не эволюционирует.

– Ансамбль средних квадратичных отклонений свидетельствует о формировании ветрового режима на исследуемой территории практически одними макроциркуляционными процессами, за исключением Днепропетровской области. Асимметричное распределение ветра связано с преобладанием неустойчивого ветра малых скоростей $0 - 1 \text{ мс}^{-1}$.

– Временная изменчивость полей среднесуточной скорости в Донецке, Харькове, Днепропетровске имеет тенденцию к снижению скорости ветра особенно в летний период. Максимальное уменьшение скорости наблюдается в Донецке в зимние месяцы.

– Влияние метеорологических факторов на загрязнение воздуха в больших урбанизированных городах имеет сложный характер. Связи между уровнями концентраций и метеорологическими факторами в ряде городов похожие. На примере г. Харькова получена статистическая оценка полей скорости, направления ветра и концентрации пыли по данным наблюдений на 10 постах по контролю загрязнения атмосферного воздуха. Исследования в урбанистическо-метеорологическом ракурсе в Харькове проводятся впервые, и требуют дальнейшего всестороннего развития.

– Для холодного периода детализированы типы синоптических ситуаций, которые способствуют образованию уровней высокого загрязнения с соответствующими характеристиками параметра $K_{ц}$ для г. Харькова.

РАЗДЕЛ 3

МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ И МЕЗОМАСШТАБНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ И СТИХИЙНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВЕТРОМ, НАД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЬЮ УКРАИНЫ

3.1. Типизация синоптических процессов, связанных с сильным ветром

Перенос воздушных масс происходит при различных циркуляционных процессах. Эти процессы отличаются многообразием форм и сложностью сезонных изменений циркуляции.

Погодные условия Украины зависят как от крупномасштабной циркуляции атмосферы над Северным полушарием, так и от региональных процессов относительно небольшой территории. Восток Украины находится на оси внетропического максимума [49]. Эта ось проходит через Украину с юго-запада на северо – восток, приблизительно от Кишинева (отрог Азорского антициклона) через Днепропетровск на Луганск (отрог сибирского максимума) и является ветрораздельной линией. Одна из задач данной работы - установление тех синоптических процессов, которые формируют ветровой режим в современных условиях над заданной территорией. Значительная удаленность Харькова от морей обуславливает умеренно – континентальный климат. Равнинный характер территории способствует распространению воздушных масс с Атлантики, Средиземного и Черного морей, и в то же время не препятствует вторжению континентальных воздушных масс. В тех случаях, когда с запада или юго – запада к периферии континентального антициклона приближается циклон, активизируются атмосферные фронты с сопутствующими опасными явлениями погоды. Основными центрами действия атмосферы над востоком Украины являются: сибирский зимний антициклон с отрогами на запад и юго – запад, исландская

барическая депрессия, усиливающаяся зимой и ослабевающая летом, арктический антициклон, южные циклоны, азорский антициклон, ядра и гребни которого активны летом. Взаимодействие этих центров действия атмосферы обуславливают адвекцию воздушных масс [24].

В условиях современного изменения климата интерес к изучению тенденций формирования будущего режима ветра и его экстремальных проявлений, а также использования ветроэнергетических возможностей вместо традиционных, уже ограниченных, запасов нефти, газа и угля, делает приоритетным предсказание будущего состояния атмосферы.

Без учета изменений в характере циркуляции, произошедших в конце XX – начале XXI ст., которые выразились в увеличении числа и площадей, занимаемых циклонами, и уменьшением антициклонических областей в Азии и Арктике [56], трудно предвидеть будущее состояние синоптических процессов, определяющих погоду на любой части Европейской территории, включая Украину.

В работе проведено изучение динамики изменения циркуляционных процессов над территорией Украины с помощью типизации синоптических ситуаций над указанным регионом за период 1993-2012 гг. Для уточнения конкретных синоптических ситуаций применялись синоптические карты всех уровней (приземная, АТ-925, АТ-850, АТ-700 и АТ-500) из архива АРМсин кафедры. Был составлен каталог типовых атмосферных ситуаций для центральные месяцы сезонов за 20-летний период. На основе [138] были выбраны соответствующие даты и составлен календарь элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Б.Л. Дзердзеевского (Прил. Б, табл.В.1).

Для анализа изменений атмосферной циркуляции за указанный выше период, коротко остановимся на существующих классификациях синоптических процессов; некоторые из них дополнены каталогами за многолетние периоды, что в значительной степени определяет их научную и практическую ценность. К типизациям атмосферных процессов можно

отнести классификации Вангенгейма-Гирса, Дзердзеевского – Курганской - Витвицкой, Э.А. Исаева, Л.А. Вительса, А.Ф. Дюбука, Б. Храброва [56].

Основным признаком, по которому проведена типизация циркуляции атмосферы внетропических широт по Б. Л. Дзердзеевскому [56], явилось наличие или отсутствие блокирующих процессов на полушарии, их направление и количество. Всего выделено 4 группы циркуляции, 13 типов, 41 подтип и элементарный циркуляционный механизм – ЭЦМ (основная единица типизации). Число обозначает тип ЭЦМ, первые буквы алфавита (а, б, в, г) – различия ЭЦМ в пределах одного типа в направлениях арктических вторжений или выхода южных циклонов, а буквы "з" (зимний) и "л" (летний) – сезонные различия ЭЦМ по знаку барических полей над океанами и континентами. Только в типах 4, 9 и 10 зимние ЭЦМ обозначены первыми буквами алфавита (4а, 9б и 10а). Для каждого типа ЭЦМ составлены динамические схемы (перемещения циклонов и стационарирования антициклонов, средние карты давления и температуры воздуха на уровне моря, карты барической топографии и средней температуры слоя на уровне АТ-500). Дано подробное описание каждого ЭЦМ [56], по которому можно проанализировать динамическую схему и внутригодовой ход продолжительности ЭЦМ.

С учетом циркуляционных характеристик средней тропосферы выполнена типизация А. Л. Каца [46]. Синоптико-климатологическую классификацию предложил Л. В. Клименко [52], в ней применён некий климатологический параметр. Практически во всех перечисленных типизациях использован один принцип – принцип аналогичности, хотя с разной степенью реализации этого принципа разными авторами.

Чтобы исключить субъективизм, Н. И. Зверевым в качестве параметров аналогичности предложены величины ρ_{ϕ} , ρ_{λ} , ρ_{ϵ} , первые два из которых характеризуют зональные и меридиональные градиенты карты АТ-500, а третий – их сумму. Следует отметить, что вначале изучения аналогичности атмосферных процессов метод определения был синоптическим, а затем

физико-статистическим [52]. При этом классификация синоптических процессов и выделение типов (подтипов) производилась на основе накопленного синоптического опыта, качественных признаков или количественных параметров (например, индекс циркуляции, критерии аналогичности [6] и др.). В. Ф. Мартазинова [63, 64, 116, 117] и её ученики используют метод "эталонов", который является универсальным методом объективной типизации синоптических процессов. Напомним, что эталон класса синоптической ситуации – это одно наиболее информативное поле синоптического положения, которое имеет наибольшее подобие (по критериям аналогичности) с остальными полями в данном классе. Критериев аналогичности два: это критерий геометрического подобия барических полей (ρ), позволяющий оценить площадь совпадения двух полей, и среднеквадратическое отклонение (Евклидово расстояние) между двумя полями (η), оценивающее близость по абсолютным значениям двух барических областей [63, 64]. Напомним, что здесь не ставится задача охарактеризовать все работы в данном направлении, а указывается лишь их многообразие и важность таких исследований [26, 111].

Далее дадим более подробную характеристику типизации синоптических процессов над востоком Украины, разработанную на кафедре теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов, детализированную для района исследования. Структура макроциркуляционных условий, характерных для Украины, в том числе и региональные особенности синоптических процессов, которые формируются на этом макроциркуляционном фоне и приводят, в сочетании с местными физико-географическими условиями [34], к установлению ветрового режима, сведены к 6 основным типам и 17 подтипам [36].

Тип 1. Периферийные атмосферные процессы, к которым относятся переносы всех направлений: подтип 1.1 – западный и северо-западный, подтип 1.2 – южный, подтип 1.3 – восточный и подтип 1.4 – северный перенос.

Тип 2. Циклоническая циркуляция. К этому типу относятся области пониженного давления, которые располагаются над Украиной (подтипы 2.1 и 2.2).

Тип 3. Антициклоническая циркуляция. Этот тип (подтипы 3.1, 3.2, 3.3) представляет собой антициклоны, которые ориентированы с запада и востока, а также малоградиентные поля повышенного давления.

Тип 4. Малоградиентные барические поля (подтипы 4.1 и 4.2).

Тип 5. Периферийные атмосферные процессы, связанные с прохождением атмосферных фронтов (подтипы 5.1, 5.2, рис. 3.1).

Тип 6. Циклонические циркуляции с большими барическими градиентами ($\partial P / \partial n \geq 2,5$ гПа/111 км). Этот тип ранжирован на четыре подтипа (рис.3.2 и 3.3). Каталог синоптических ситуаций за каждый день центральных месяцев сезона за 20 -летие приведен в (Прил. Б, табл. Б.1-Б.2).

Предварительно исходный ряд (1993-2012 гг.) разделен на четыре пятилетних периода по сезонам. Данные, приведенные в Прил. Б, табл. Б.1

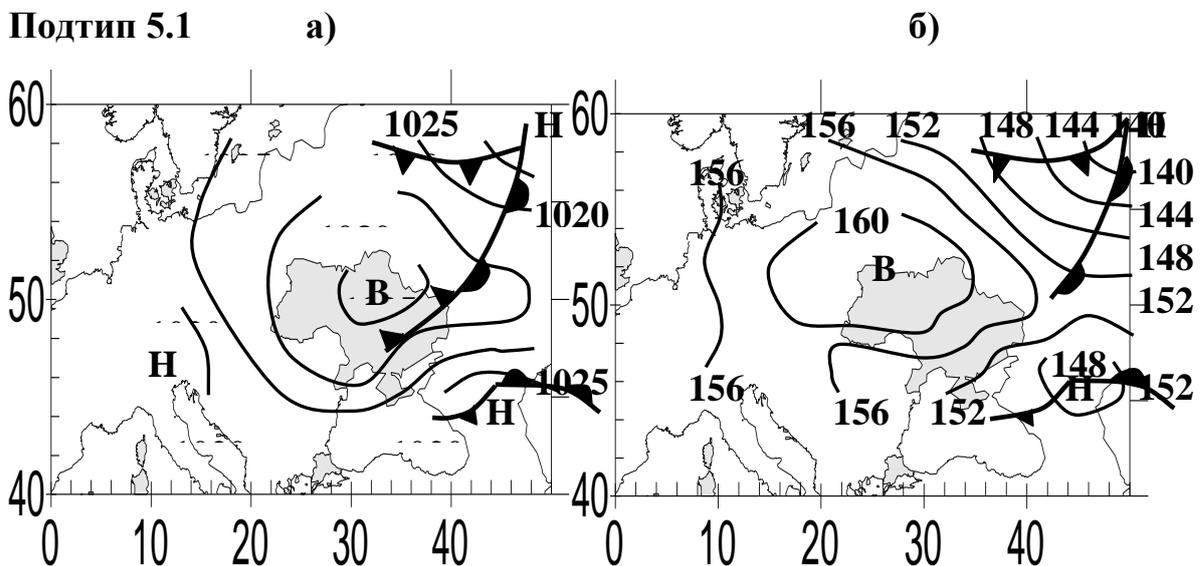


Рис.3.1 Подтипы синоптического типа 5. Карты –схемы: приземная (а) и АТ-850 гПА (б)

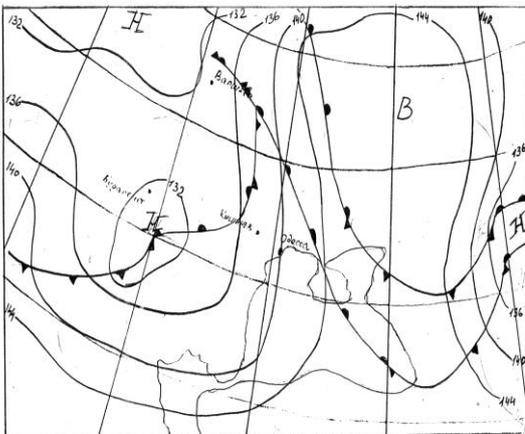
свидетельствуют, что в течение всего года, несмотря на снижение повторяемости синоптических процессов, относящихся к типам 1-4 и

отвечающих за формирование слабого ветра над Украиной [32], их частота остаётся достаточно высокой. Так что условия для сохранения застойных явлений, особенно в промышленных зонах, необходимо учитывать. Рассмотрим изменение циркуляционных условий по сезонам.

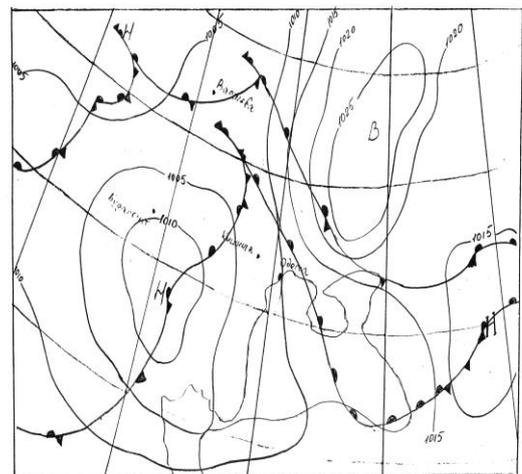
В январе за исследуемый период повторяемость периферийных процессов (тип 1) снизилась с 47,0 до 11,6%, тогда как тип 6 увеличился с 9,1 до 51-42%, т.е. погоду над востоком Украины стала чаще определять ситуация с большими барическими градиентами. Последнее обстоятельство указывает на усиление скорости ветра, обусловленное, по-видимому, выходом средиземноморских циклонов на Европу и блокирующим влиянием гребня Сибирского антициклона. На этот факт указывает (табл. 3.1) сочетание типов ЭЦМ: 5 с, 12 бз и 13 з в 2003-2007 гг. Кстати, зимний сезон в третью пятилетку превышает 100 дней.

Подтип 6.1

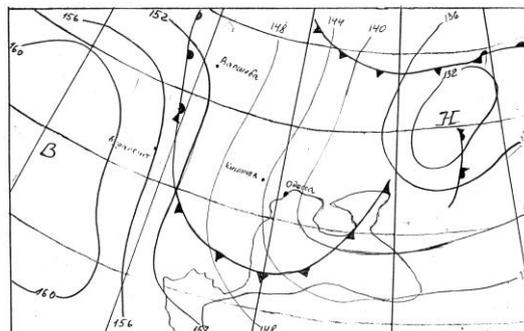
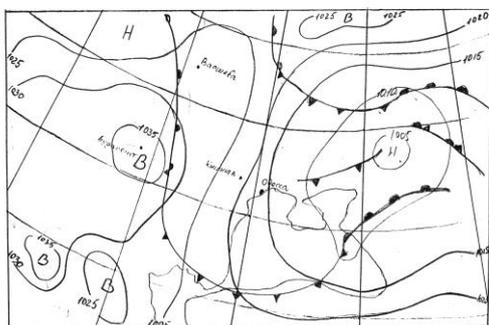
а)



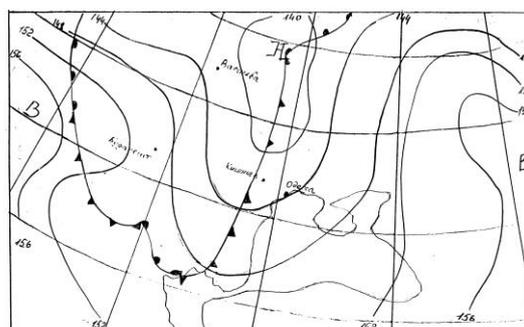
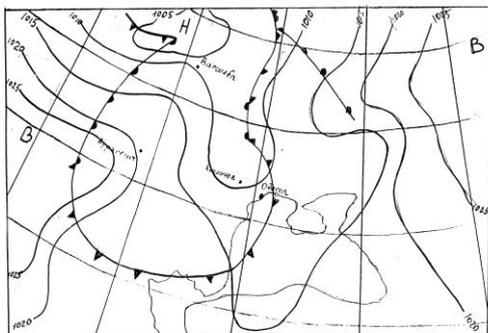
б)



Подтип 6.2



Подтип 6.3



Подтип 6.4

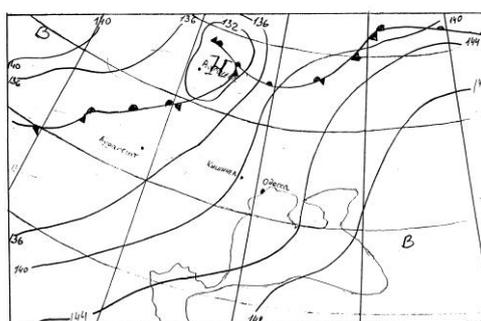
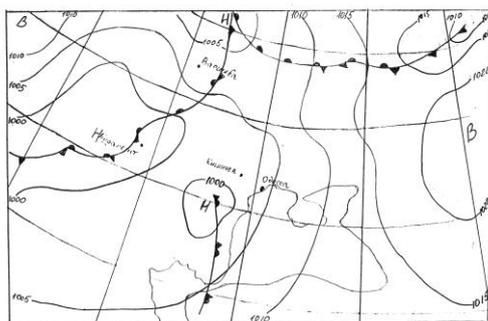


Рис. 3.2 – Подтипы синоптического типа 6.1-6.4.

Карты-схемы: приземная (а) и АТ-850 (б)

В апреле (табл. 3.1) отмечается уменьшение повторяемости периферийных процессов без фронтов в 1,5 раза и увеличение ситуаций с фронтами в 8 раз. По сравнению с периодом 1993-1997 гг. наблюдается рост количества случаев 3-го типа, обусловленных ЭЦМ подтипов 9 а, 12 а и 13 л. Количество типов (подтипов) ЭЦМ в переходные сезоны чаще колеблется от 19-20 весной (хотя в 2008 г. отмечено всего 7 типов) до 16-21 (в 2008 – 6 типов) осенью (рис. 3.3 б).

Летом погода над территорией востока Украины определяется, в основном, периферийными процессами без фронтов (тип 1), хотя их повторяемость уменьшается вдвое с 41,6% в 1993-1997 гг. до 21,3% в 2008-2012 гг. (табл. 3.2), зато резко возрастает частота типов 5 и 6 (соответственно в 4 и 7 раз). Антициклоническая циркуляция фиксируется над Украиной одинаково часто: от 19,4 до 26,5%. В июле всего 10-13 типов ЭЦМ формируют барическое поле, в основном, это 13л, 9 а и 10 б. При ЭЦМ 10 б в южных районах Восточной Европы холодный воздух распространяется к западу и оформившееся в нем ядро повышенного давления может объединиться с гребнем Азорского антициклона, вытянутого на Западную Европу.

В период 2003-2008 гг. отмечается уменьшение типа 13 л (с 53,5 до 30,9%, т.е. меридиональной южной циркуляции). Депрессия при 13 л не имеет узкой полосы, как при ЭЦМ 13 з, а является частью очень обширной области пониженного давления, которая охватывает большую часть внетропических широт Северного полушария, включая и территорию Украины. Азорский антициклон остаётся в южных широтах Атлантического океана, а его гребень вытянут на Западную Европу.

Октябрь (табл. 3.2), так же как июль, отличается повышенной повторяемостью периферийных процессов в пятилетке. Чаще (в 3 раза) стали формироваться барические поля с фронтами и большими барическими градиентами (рис.3.4). Несколько увеличилось число периферийных (тип5)

Таблица 3.1

**Повторяемость (%) типов (подтипов) синоптических процессов.
Украина. Январь, апрель. 1993-2012 гг.**

Синоптические процессы		Месяцы года							
		Январь				Апрель			
Тип		1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012
1.Периферийные процессы	1	47,0	43,8	17,4	11,6	42,4	33,6	29,4	26,0
	1.1	22,0	14,4	11,6	3,2	10,1	1,6	6,0	3,3
	1.2	6,1	9,8	1,9	5,2	17,2	5,7	3,4	14,7
	1.3	8,3	5,2	1,3	2,6	8,0	15,6	8,0	7,3
	1.4	10,6	14,4	2,6	0,6	7,1	10,7	12,0	0,7
2.Циклоническая деятельность	2	3,0	7,2	3,9	11,6	8,1	14,8	9,3	5,3
	2.1	1,5	3,9	1,9	2,6	3,0	10,7	8,0	2,7
	2.2	1,5	3,3	2,0	9,0	5,1	4,1	1,3	2,6
3.Антициклоническая деятельность	3	11,4	24,2	14,8	12,9	10,1	22,9	21,3	15,3
	3.1	0,8	11,1	1,3	5,8	0,0	6,6	7,3	6,7
	3.2	3,8	0,7	2,6	3,2	1,0	2,4	2,7	1,3
	3.3	6,8	13,4	10,9	3,9	9,1	13,9	11,3	7,3
4.Малоградиентные барические поля	4	12,1	9,2	4,5	10,3	10,1	9,0	6,0	12,0
	4.1	3,8	4,6	1,9	1,3	3,0	4,9	4,7	8,7
	4.2	8,3	4,6	2,6	9,0	7,1	4,1	1,3	3,3
5.Периферийные процессы с прохождением фронтов	5	17,4	2,0	8,4	11,6	2,0	14,8	14,0	16,7
	5.1	12,9	2,0	3,2	3,9	2,0	8,2	5,3	8,7
	5.2	4,5	0,0	5,2	7,7	0,0	6,6	8,7	8,0
6.Циклоническая циркуляция с большими барическими градиентами	6	9,1	13,6	51,0	42,0	27,3	4,9	20,0	24,7
	6.1	0,0	1,1	14,8	18,7	7,1	1,6	4,0	8,0
	6.2	2,3	4,6	20,6	8,4	1,0	1,6	11,3	11,4
	6.3	3,8	4,6	7,8	9,7	7,1	0,0	2,7	3,3
	6.4	3,0	3,3	7,8	5,2	12,1	1,7	2,0	2,0

процессов с фронтами (на 2 - 5%) и уменьшилось (4 - 6%) – антициклонической циркуляции (тип 3). Такая синоптическая обстановка над востоком Украины хорошо согласуется с типами ЭЦМ, которые формирует (табл.3.2) циркуляционное поле в октябре. В этом месяце превалирует ЭЦМ 13 з (снижаясь к 2003-2007 гг.), затем выделяется ЭЦМ 12 а (рост в два раза к

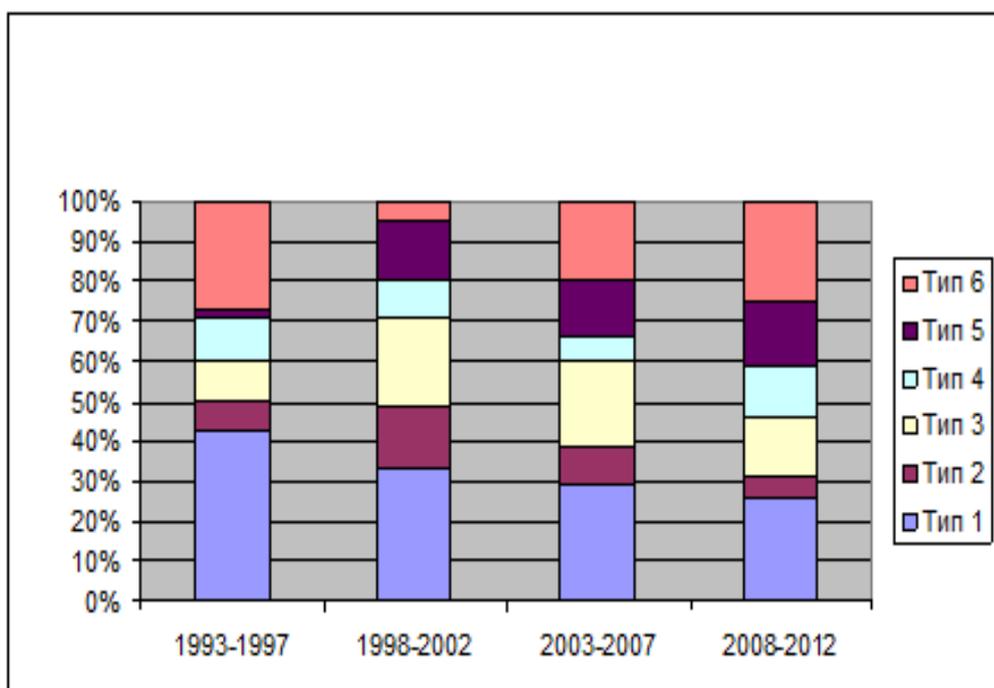
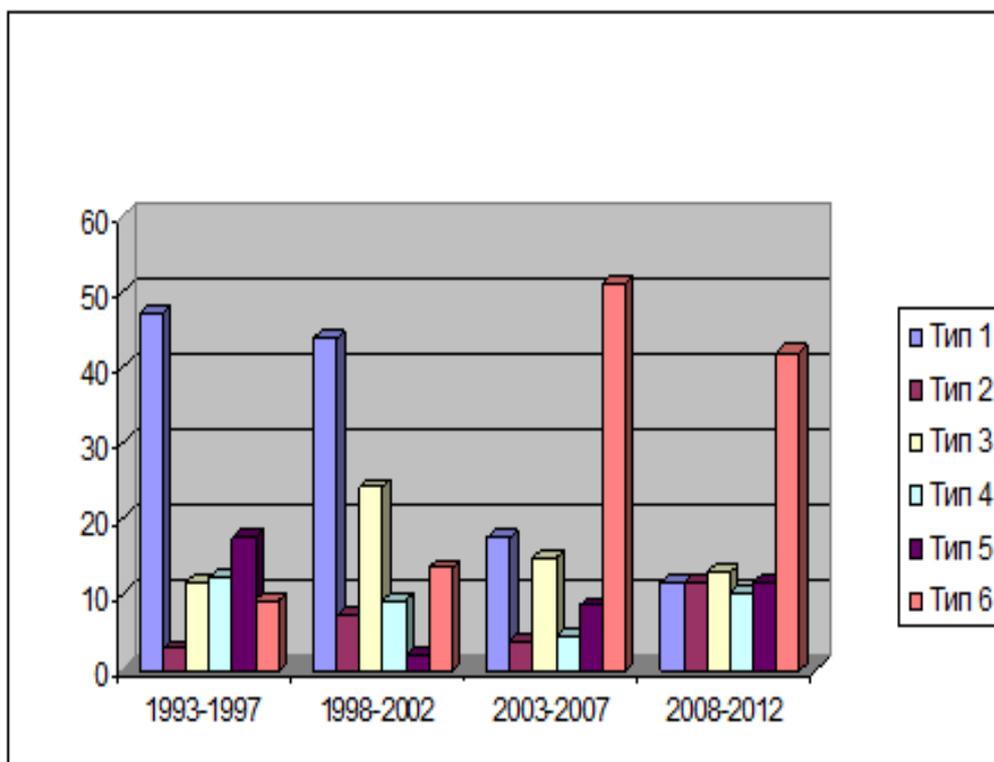
Таблица 3.2

Повторяемость (%) типов (подтипов) синоптических процессов.

Украина. Июль, октябрь. 1993-2012 гг.

Синоптические процессы		Месяцы года							
		июль				Октябрь			
Тип	Под-тип	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012
1 Периферийные процессы	1	41,6	33,6	25,8	21,3	40,5	27,8	25,8	23,5
	1.1	4,4	1,6	12,9	1,9	14,6	10,6	8,4	8,5
	1.2	2,7	5,7	5,8	0,6	9,1	5,3	8,4	7,2
	1.3	8,8	15,6	5,2	14,9	8,4	3,3	6,4	1,3
	1.4	25,7	10,7	1,9	3,9	8,4	8,6	2,6	6,5
2 Циклоническая деятельность	2	11,5	14,8	7,8	3,2	1,4	5,3	4,5	5,9
	2.1	11,5	10,7	4,5	3,2	0,7	2,0	1,3	3,9
	2.2	0,0	4,1	3,3	0,0	0,7	3,3	3,2	2,0
3 Анти-циклоническая деятельность	3	26,5	22,9	19,4	25,8	25,9	26,5	18,7	21,6
	3.1	9,7	6,6	16,8	8,4	8,4	5,3	5,2	4,6
	3.2	2,6	2,4	0,0	1,3	1,4	2,7	1,9	3,9
	3.3	14,2	13,9	2,6	16,1	16,1	18,5	11,6	13,1
4 Малоградиентные барические поля	4	14,2	9,0	13,5	11,0	7,7	8,0	4,5	9,1
	4.1	8,0	4,9	10,3	5,2	1,4	3,3	0,6	2,6
	4.2	6,2	4,1	3,2	5,8	6,3	4,7	3,9	6,5
5 Периферийные процессы с прохождением фронтов	5	3,5	14,8	16,1	16,1	16,8	24,5	20,7	18,3
	5.1	3,5	8,2	9,7	12,9	8,4	5,3	12,3	7,2
	5.2	0,0	6,6	6,4	3,2	8,4	19,2	8,4	11,1
6 Циклоническая циркуляция с большими барическими градиентами	6	2,7	4,9	17,4	22,6	7,7	7,9	25,8	21,6
	6.1	0,9	1,6	6,4	9,7	0,7	2,0	7,1	9,8
	6.2	0,0	1,6	9,0	7,7	3,5	3,3	12,9	4,6
	6.3	0,0	0,0	2,0	5,2	2,1	2,6	5,2	4,6
	6.4	1,8	1,7	0,0	0,0	1,4	0,0	1,2	2,6

а)



б)

Рис. 3.3. Повторяемость типов синоптических ситуаций над востоком Украины (1993-2012 гг.), а - январь, б - апрель

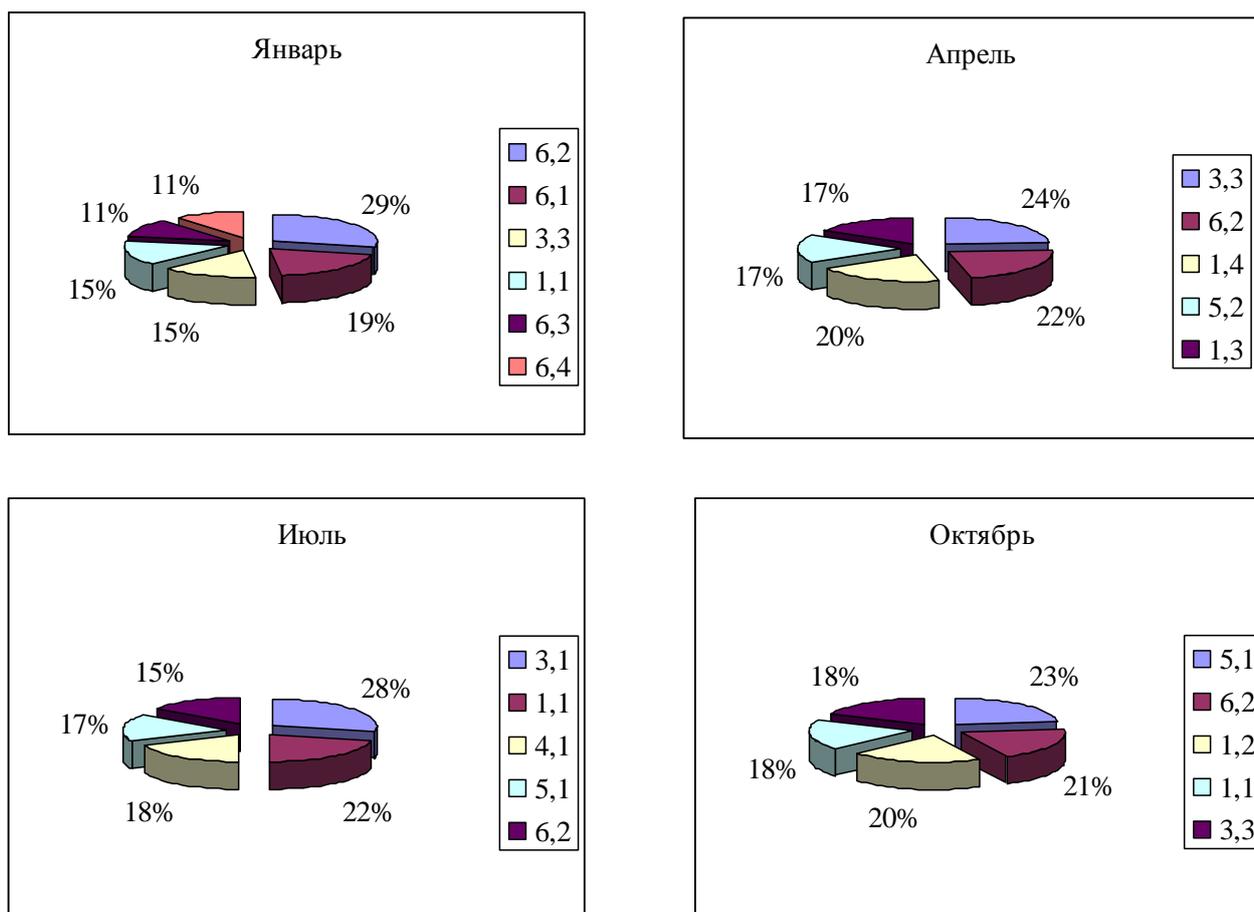


Рис 3.4. Характерные синоптические ситуации востока Украины

2003-2007 гг.) и, наконец, довольно часто (до 9,7%) проявляется ЭЦМ 8 гз. ЭЦМ 12 а чаще всего возникает в период перехода от холодного полугодия к тёплому (табл 3.2, IV и X), когда арктический антициклон достигает наибольшей мощности. Может быть по четыре арктических вторжения и прорыва южных циклонов. Такое барическое поле не только обуславливает температурный и ветровой режим над территорией вторжения, но и является причиной возникновения стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ), связанных с ветром. ЭЦМ 8 гз также формирует СГЯ. При ЭЦМ 8 гз между далеко расположенными друг от друга блокирующими антициклонами находится область пониженного давления над Западной Европой и прилегающими морями, которая поддерживается циклонической деятельностью на арктическом фронте и циклонами с Атлантики и

Средиземного моря, которые проходят через Западную Европу на северо-восток европейской территории России, захватывая с запада Украину. Наибольшая продолжительность этого типа приходится на октябрь.

Как известно [56], именно при типах ЭЦМ 13 з и 13 л (Прил. Б, рис. Б.15), которые на протяжении всего периода изучения отличались высокой активностью, наблюдаются значительные барические градиенты, что создает условия для формирования больших скоростей ветра, сильных метелей, пыльных бурь, шквалов и других опасных явлений. ЭЦМ 12а и ЭЦМ 9а, отвечающие за процессы над изучаемым регионом, также создают значительные барические градиенты. Так, как отмечалось выше, арктические фронты при ЭЦМ 9а, опускаются далеко на юг, создавая большие контрасты температур и способствуя возникновению СГЯ.

Следует отметить, что в дальнейшем предполагается проиллюстрировать связь синоптических процессов и типов ЭЦМ над Украиной с различными индексами циркуляции, например А. Л. Каца, Арктического колебания (АО), Северо-Атлантического колебания (NAO) и других.

3.2. Пространственно-временная статистическая оценка сильных ветров

Экономика терпит существенные потери при воздействии неблагоприятных гидрометеорологических и климатических явлений. Ущерб, нанесенный этими явлениями, зависит от интенсивности и продолжительности стихийных явлений, масштаба, заблаговременности предсказания, эффективности защитных мер. Сильные ветры, шквалы, ураганы, смерчи имеют большой разрушительный характер, создают затруднения в различных отраслях экономики и угрозу для жизни и здоровья граждан.

В соответствии с действующими нормативными документами ветер со скоростью 25 мс^{-1} и более относится к стихийным гидрометеорологическим явлениям (СГЯ), которые могут нанести ущерб разным отраслям хозяйства [77]. Иногда ветер причиняет убытки при скорости меньше 25 мс^{-1} , в сочетании с другими опасными гидрометеорологическими явлениями. В частности, с гололедно-изморозевыми явлениями, которые представляют опасность в первую очередь для энергетики, лесного хозяйства и транспорта. Знание режима стихийных метеорологических явлений, условий возникновения, территориального распределения, имеет большое значение для предотвращения или ослабления отрицательных последствий его действия. В соответствии с [8, 61, 96, 125, 130] по числу жертв с 1947 по 1980 гг. главенствующую роль занимают сильные ветры. По данным страховых компаний 75% застрахованных убытков связаны с бурями, а 23% с наводнениями. Изучение данного вопроса дает возможность спрогнозировать изменения климатической системы региона, отработать варианты действия служб при нестандартных ситуациях природного и техногенного характера. В данной главе рассматривается пространственное распределение и повторяемость ветров больше 25 мс^{-1} над районами востока Украины в первое десятилетие XXI ст. (рис. 3.5 - 3.6). Выборка дней с сильным ветром основывается на срочных метеорологических наблюдениях. Были выделены случаи ветровой аномалий, когда среднесуточная скорость превышала значение действующей климатической нормы для данной станции в пределах среднеквадратического отклонения. Привлекались годовые отчеты об СГЯ, где

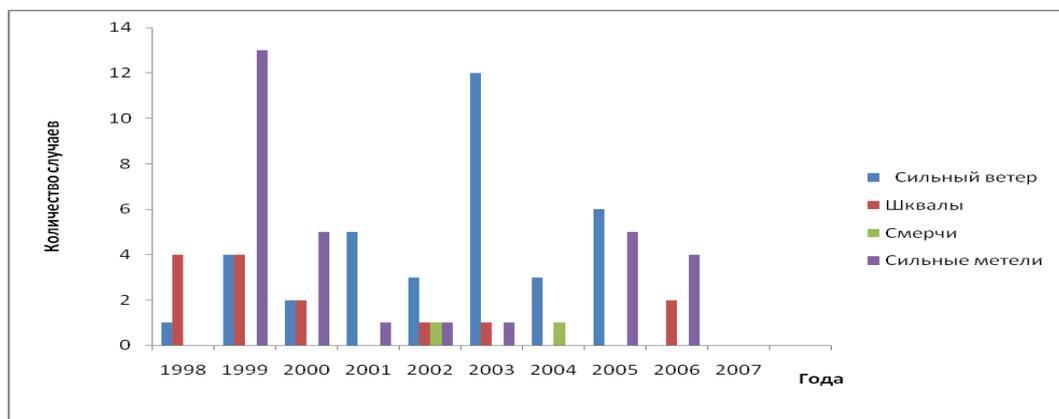


Рис.3.5. Временная изменчивость случаев сильного ветра

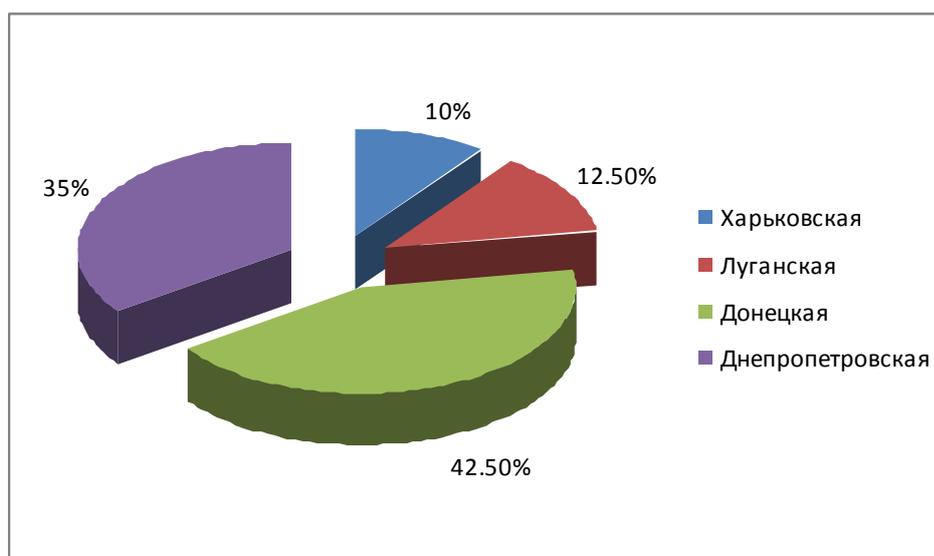


Рис. 3.6. Случаи сильных ветров в восточных областях Украины. 1997-2012 гг.

приводятся сведения о продолжительности, интенсивности, максимального значения элементов и т. д. Составлен банк синоптических ситуаций случаев СГЯ над Донецкой, Днепропетровской, Луганской и Харьковской областях на основе приземных и высотных карт с архива ОГЕКУ и научных сайтов [139]. Если рассмотреть случаи наблюдения стихийных метеорологических явлений в Украине, то на СГЯ, связанные с ветром (сильный ветер, шквал, смерч, сильные метели) приходится 30% всех случаев [4, 44, 45]. В течение 1997-2012 гг. зарегистрировано число случаев с сильным ветром: на территории Харьковской области - 8, Донецкой- 29, Луганской - 21, Днепропетровской – 23. При рассмотрении периода начала XXI ст., видно, что максимум СГЯ, которые связаны с ветром, приходится на 2003-2006 гг.

Наибольшее количество случаев СГЯ ветрового характера над территорией восточных районов Украины наблюдается в Донецкой области - 17 случаев (42,5%), в Днепропетровской области отмечено 14 случаев (35%) и соответственно, в Луганской области - 5 (12,5%), Харьковской - 4 (10%). Максимальное количество случаев СГЯ, связанных со скоростью ветра больше 25 мс^{-1} , на востоке Украины зарегистрировано на метеостанции

Дебальцево (7) Донецкой области, Комиссаровка (6) Днепропетровской области, АМСГ Днепропетровск (4), на метеостанциях: Чаплино (Днепропетровской обл.), Амбросиевка (Донецкой обл), АМСГ Донецк, Дарьевка (Луганская обл.) - по три случая СГЯ. На АМСГ г. Харькова наблюдателями зафиксировано два случая. Резюмируя выше сказанное, отмечаем увеличение повторяемости сильных ветров в районе Донецкого кряжа со средней скоростью $27-28 \text{ мс}^{-1}$ и максимальной скоростью, превышающей значения 40 мс^{-1} .

3.3 Сравнительная синоптическая характеристика шквалов, смерчей

К стихийным явлениям, которые связаны с ветром можно отнести: шквалы, смерчи, а также возникновение явлений, которые сопровождаются усилением скорости ветра и неблагоприятными условиями (пыльные бури, метели, грозы, сильные осадки). Критерии данных явлений несколько раз пересматривались. Например, в 1998 году определение шквала формулируется так: это максимальная скорость ветра не менее 25 мс^{-1} , в 2008 г. эта формулировка в соответствии с [77] меняется: резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин.) усиление ветра до 25 мс^{-1} и более. Шквал представляет собой вихрь с горизонтальной осью, образуется под кучево-дождевыми облаками, может наблюдаться во время грозы, ливней. Возникновение шквалов, в основном, связано с прохождением холодных фронтов и фронтов окклюзии [4]. На востоке Украины внутримассовые шквалы могут возникать в жаркую летнюю погоду, во второй половине дня при неустойчивой стратификации атмосферы. При приближении шквала происходит резкое уменьшение давления, во время шквала – рост и снова падение, при этом температура резко уменьшается, иногда на $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и более. Прогнозирование шквала затруднено, так как зона явления небольшая и возможность наблюдения во времени и пространстве ограничены. Например, 19 июля 1974 года на

территории Харькова наблюдался шквал, который принес значительные разрушения в городе. В библиотеке Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина (расположенной на 8 этаже) были выбиты стекла, а книги тысячами разлетелись по площади Свободы. Был снесен чугунный крест с колокольни Благовещенского собора массой более полутонны [47], а в 1996 году, при прохождении шквала в конце июля – крест на этом же соборе был погнут. На АМСГ Харьков 14. 07. 2006 г. (тип 3.1, ЭЦМ 13л) при шквале наблюдалась скорость ветра 25 мс^{-1} и порывы 30 мс^{-1} . В восточных областях шквал обычно длится не более 20 минут, так как влагозапас небольшой для большой продолжительности, а вот разрушения могут быть значительные [13, 15, 74]. Шквал - локальное явление. Его возникновение фиксирует чаще всего одна или несколько метеостанций. Днепропетровская, Донецкая область относятся к районам с повторением данного явления 1 раз в три года, Харьковская -1 раз в пять лет, а Луганская -1 раз в 10 лет [11, 49].

Из множества рассмотренных синоптических ситуаций, связанных с ветровыми аномалиями, остановимся на характерных для района исследования. На территории Донецкой области 9. 08. 2000 г. (Прил. Б, табл. Б.3) наблюдался шквал, скорость ветра достигла 34 мс^{-1} , (станция Дебальцево). Шквал продолжался 30 мин. атмосферный процесс обусловлен седловиной, которая отмечалась при наличии мощного циклона над Баренцевым морем и областью пониженного давления над Малой Азией, гребнем Азорского максимума над Европой и зоной повышенного давления над Сибирью (подтип 4.2, по календарю ЭЦМ 13л). Погоду июня 2001 года определяли многочисленные циклоны, которые перемещались с юго- запада, а также образовывались над востоком Украины. 5 июня пронесся шквал со скоростью 25 мс^{-1} над г. Харьков, 16 июня на метеостанции Троицкое (Луганская область) зафиксирована скорость ветра 28 мс^{-1} , а 21 июня над метеостанцией Павлоград максимальная скорость ветра при шквале была 30 мс^{-1} (подтип. 6.1; ЭЦМ13л).

На метеостанции Комиссаровка 24. 06. 2002 г. наблюдался шквал, скорость достигала 28 мс^{-1} , синоптическая ситуация (Прил. Б. рис. Б.1- Б.2) определялась

высотной фронтальной зоной, которая проходила через северные области Украины, Польшу, Британские острова, Гренландию. Барические градиенты давления составляли - 16-18 гПа /111 км, контраст температуры достигал 6-7 °С/ 500 км и более. Возле линии фронта отмечалась температура 30-35 °С, а после прохождения 16 - 22 °С (подтип 6.2; ЭЦМ 13 л). На этой же станции шквал зафиксирован 23. 06. 2006 (рис. 3.7). Станция находится на севере степной зоны Украины в восточной зоне Приднепровской возвышенности, окружена балками, долинами небольших степных речек. Возникновение шквалов, вероятно, определяется не только (Прил.Б, рис. Б.3) синоптической ситуацией (подтип 6.2; ЭЦМ 10 б), а и орографическим фактором. За исследуемый период наблюдается положительный тренд изменения повторяемости стихийных шквалов: из них в 42,8% случаев в Днепропетровской области, в 28,6 % –Харьковской области, в остальных по 14%, отмечается увеличение максимальной скорости при шквале в Харькове.

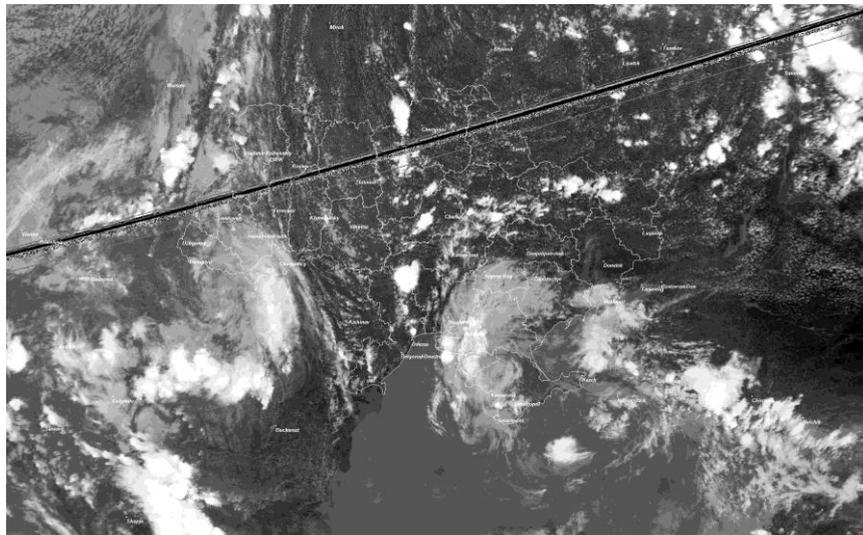


Рис. 3.7. Спутниковый снимок за 23.06.06

Сильные шквалы распространяются на незначительные площади, интенсивность шквалов определяется количеством на площади 100 км². Восток Украины не относится к шквалоопасным районам, но параметры линейных

трендов в последнее десятилетие увеличиваются и достигли таких значений как в - Днепропетровской 0,039; в Луганской - 0,053; в Харьковской - 0,058 [5]. Отмечаются значительные увеличения максимальной скорости ветра при шквале в районе исследования.

Смерч является менее исследованным стихийным явлениям. Смерч это сильный вихрь в виде столба или воронки по направлению к поверхности земли или моря; по определению инструкции ЦГО, 2008 г. [77]: смерч-это сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности. Как правило [13, 58, 83], смерч образуется под правой частью кучево-дождевого облака (по направлению движения), которое формируется на холодных фронтах, когда теплая воздушная масса является влажной и неустойчивой. Контраст температур в зоне фронта у поверхности земли превышает 10 °С. В среднем, за год, в мире отмечается от 1000 до 1500 смерчей, больше половины в США, на 20 - 30 ° с.ш. (аллеи торнадо) [132]. В Украине с 1960 по 2004 гг. зафиксирован 71 смерч [58]. Градиенты давления в области смерча большие, внутри воронки давление снижено, поэтому с земной поверхности всасывается все, что попадает на пути. В зависимости от того, где образуется смерч и что он втягивает, подразделяется на пыльный, водный, песчаный. Есть ряд гипотез объясняющих физическую сущность возникновения смерчей. Допускают, что вращательное движение, начинается в облаках, в зонах крупного града и высокой концентрации градин. Сильное уменьшение температуры воздуха приводит к резкому падению атмосферного давления и мгновенному образованию вихря. Воронка опускается с облака с выпадением града и образуется смерч [83, 113].

В соответствии с Т.Футжиту[132] образованию смерча способствует обвал кучево-дождевого облака со стратосферы вниз. А.И. Ромов указывает на наличие слоев воздуха с большими горизонтальными градиентами вертикальных скоростей воздуха и изменение ветра с высотой фиксированного направления В соответствии с эмпирическими данными мощность таких слоев

0,5 – 2 ,0 км. Зона смерча на приземной карте совпадает с приземным положением фронтальной зоны, шириной около 100 км [133]. Скорость ветра в смерче достигает $50 - 100 \text{ мс}^{-1}$. На образование смерчей также влияет рельеф местности. Очень часто они возникают на разделе двух сред: вода-суша, лес-поле и т.д. Основными признаками образования смерчей являются динамический фактор, большая конвективная неустойчивость, сильный сдвиг ветра с юго-западным направлением в средней и верхней тропосфере, наличие струйных течений нижних уровней юго-восточных и южных направлений, поток влажного воздуха, а выше поток сухого воздуха [15,132]. Восходящие потоки втягивают, скручивают металлические конструкции, деревья, машины, срывают крыши, катастрофические разрушения, усиливаются ливневыми осадками, градом. Смерчи охватывают небольшие территории. Продолжительность смерчей невелика: от нескольких до 10 минут и более. Иногда только по разрушительной силе смерча можно определить скорость ветра, так как анеморумбометры выходят из строя. 3 мая 1999 г. недалеко от Оклахома-Сити (США), впервые ученым удалось засечь момент зарождения и дистанционно измерить скорость смерча (512 кмч^{-1}) помощью передвижного радара Доплера. Скорость движения смерча составляет $40 - 70 \text{ кмч}^{-1}$. Площадь распространения данного явления от нескольких до сотен километров [83, 113, 132].

В восточных областях Украины в первое десятилетие это явление наблюдалось 1.03.2004 г. (Прил. Б, рис. Б. 5) на территории Широковского и Апостоловского районов Днепропетровской области вне метеостанций. Со слов очевидцев, началась гроза, был слышен сильный гул, 3 столба поднимались от земли к небу всего несколько минут. Вихри двигались непредсказуемо и рывками. В результате смерча пострадали села Костромка, Новая Сич, Первое Мая и поселок городского типа Широкое. Повалены столбы электропередачи, деревья, повреждены кровли частных домов. На трассе Зеленодольск -Апостолово смерчем поврежден автомобиль, в котором погибла жительница Апостолово. Возле села Украинка смерч

перевернул автомобиль ВАЗ, пострадал водитель [74]. Смерч в марте довольно-таки аномальное явление. По шкале Фуджита эти смерчи имеют категорию F2 – значительные разрушения, скорость ветра приблизительно достигала $50 - 69 \text{ мс}^{-1}$.

Анализ аэросиноптических условий (Прил. Б, рис. Б.5. – Б.6) 1.03.2004 показал, что обширный циклон над Западной Европой с антициклоном на востоке образовали штормовую зону, в которой развивалась мощная конвективная облачность (подтип 5.2, ЭЦМ 8 гз). На высотах наблюдалось неоднородное термобарическое поле. Возможной причиной возникновения смерча 1 марта, по-видимому, явилось сочетание макро - и мезоциркуляционных условий.

На открытых участках Приазовской возвышенности и Донецкого кряжа число дней с сильным ветром составляет 70-80 за год [58, 60]. Усиление ветра связано, в основном, с циклонической деятельностью над Черным морем, с выходом южных циклонов.

В связи с застройками в городских условиях, число дней с сильным ветром в городе уменьшается. Например, на АМСГ Харьков фиксируется усиление ветра, а на 10 постах по контролю загрязнения воздуха, расположенных в разных районах города, такое усиление ветра не фиксируется.

3.4 Стихийные явления, связанные с сильными метелями, пыльными бурями

По определению [77] сильная метель относится к СГЯ, если наблюдается в течении 12 час и более, при скорости ветра 15 мс^{-1} и больше. В зависимости от того, выпадает снег или он переносится, различают низовую метель и общую. Сильные метели на территории востока Украины могут возникать при вторжении арктического воздуха, сопровождающегося усилением скорости ветра, но большая половина случаев связана с

перемещением циклонов и ложбин с юга и юго-запада. В 40% наблюдаемых случаев сильные метели связаны с прохождением «ныряющих» циклонов с севера и северо-запада, 45% общего количества случаев сильных метелей в Украине связано с районами Донецкого кряжа. На протяжении исследуемого периода на территории Донецкой области отмечено 7 случаев сильных метелей: на метеостанции Артемовск 24.11.00 скорость ветра достигала 22 мс^{-1} (подтип 1.2, ЭЦМ 5а). На АМСГ Донецк 24.01.01 порывы ветра при метели доходили до 30 мс^{-1} , а на берегу Азовского моря более двух дней (с 12 - 14. 12. 2002 г.) продолжалась метель с порывами ветра $17-28\text{ мс}^{-1}$ (Прил. Б, рис. Б. 13- Б.14). Самым урожайным, по продолжительности метелей, оказался 2005 год. На АМСГ Донецк с 26.01 по 27.01.05 бушевала метель, скорость ветра наблюдалась от 22 до 30 мс^{-1} ; на метеостанции Дебальцево 27-28.01 скорость ветра составляла $18-28\text{ мс}^{-1}$. Синоптическая ситуация относится к подтипу 6.4, ЭЦМ 13з. На приземной карте отмечается выход южного циклона с фронтами (Прил.Б. рис. Б. 7- Б. 8). В это время над Сибирью господствует антициклон, а арктический регион находится во власти атлантических циклонов, развиваются блокирующие процессы. Продолжительная сильная метель, которая по градациям относится к случаям наблюдения 1 раз в 50 лет, на этой же станции наблюдалась 28.02 - 01. 03. 2005 продолжительностью 17 часов, сопровождалась скоростью ветра $22-28\text{ мс}^{-1}$ (Прил. Б, рис. Б. 9 – Б. 10). Синоптическая ситуация относится к типу 6.1, ЭЦМ 5в. На территории Днепропетровской области в исследуемый период отмечено 7 случаев СГЯ, связанных с сильными метелями (рис. 3.8). На станции Губиниха 24 - 25.11.2000 г. (подтип 1.2 , ЭЦМ 5а) скорость ветра достигала $15-25\text{ мс}^{-1}$, а на метеостанции Чаплино порывы ветра достигали 35 мс^{-1} . Необходимо отметить, что сильная метель на этой станции также наблюдалась 30-31.01.05 (скорость ветра 35 мс^{-1}). Как было сказано выше, данный случай связан с выходом южных циклонов, которые также вызвали в марте 2006 г. метель с порывами ветра 34 мс^{-1} . В 2006 г. 19.01 сильная метель отмечена наблюдателями АМСГ Днепропетровск ($19-35\text{ мс}^{-1}$), а 20.01 -

наблюдателями метеостанции Комисаровка ($15 - 20\text{ мс}^{-1}$).

В Луганской области за исследуемый период отмечено два случая сильной метели 21.01.00-22.01.00 (ЭЦМ 3з) и 27.01.06 (ЭЦМ 11г) на метеостанции Дарьевка. Большие скорости связаны с тем, что площадь Сибирского максимума сократилась и открылся путь средиземноморским циклонам с большой интенсивностью и скоростями ветра (40 мс^{-1}). В Харьковской области сильные метели не наблюдались. На изучаемой территории могут возникать сильные пыльные бури – перенос сильным ветром (15 мс^{-1} и более) огромного количества пыли или песка, сопровождающийся ухудшениями видимости. Сильный ветер может унести с полей значительные слои пахотной земли, что снижает плодородие почв. Ухудшается работа транспорта, засыпаются виноградники, посевы, сады. Сильные пыльные бури наблюдаются в конце зимы и весной в переходных штормовых зонах с большими барическими и термическими градиентами, при перемещении антициклонов с северо-запада и севера на юго-восток и одновременно с активизацией циклонической деятельности над Черным морем и Малой Азией [45, 58, 74,132].

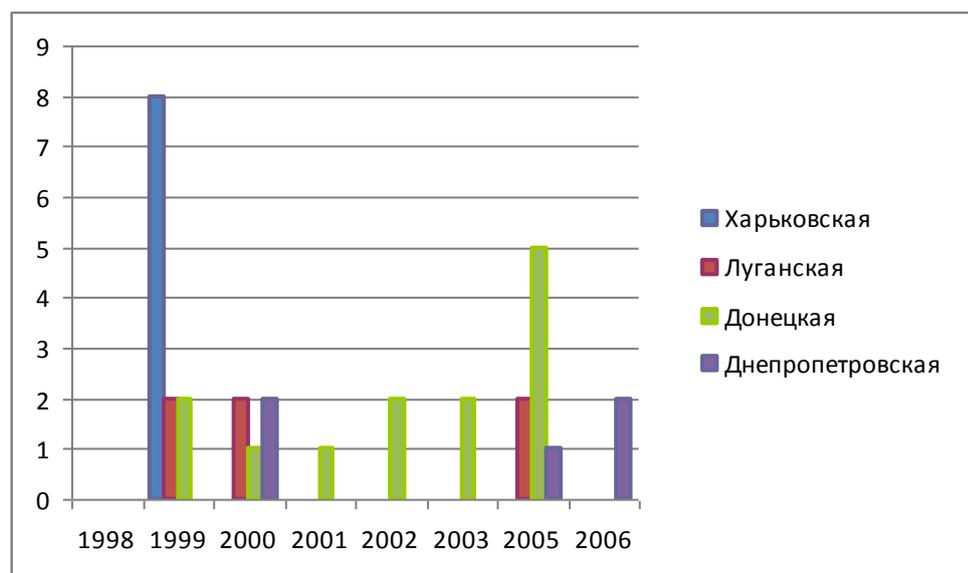


Рис 3.8. Повторяемость случаев сильной метели над исследуемым регионом

Луганская, Донецкая, Днепропетровская области отнесены к районам, где эти явления могут наблюдаться один раз в 3-5 лет. Харьковская область - к району, где подобные явления возникают один раз в 10 лет.

В Луганской области 18.04. 2003 г. на станции Дарьевка и на станции Мариуполь Донецкой области наблюдалась пыльная буря, которая продолжалась более 10 часов со скоростью ветра больше 15 мс^{-1} . Данный случай является аномальным, т.к. СГЯ такой интенсивности встречается один раз в 20 лет (Прил. Б.11 – Б.12). Синоптическая ситуация определяется фронтальной зоной, простирающейся на много километров и связанной с прохождением холодных фронтов (подтип 6.3, ЭЦМ 12 бл).

ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 3

Проведенный анализ динамики синоптических ситуаций над территорией Украины и ЭЦМ за двадцатилетний период конца XX – начала XXI ст. позволяет:

– выделить процессы и типы, отвечающие за наблюдающееся усиление скорости ветра и увеличивающуюся интенсивность СГЯ, связанных с ветром; усовершенствовать типизацию макромасштабных процессов для территории востока Украины и выявить типовые синоптические процессы, при которых формируются ветровые аномалии;

– отметить, что за исследуемый период увеличилась частота и интенсивность опасных и стихийных явлений погоды. Эти изменения обусловлены трансформацией атмосферной циркуляции и термического режима; обнаружено увеличение количества и интенсивности шквалов, смерчей, обусловленных увеличением барических градиентов, что, в свою очередь, связано с ростом температуры воздуха и усилением конвективности.

РАЗДЕЛ 4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРОНТАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ОПАСНОГО ВЕТРА

4.1. Количественная оценка зон ветра $\geq 15 \text{ мс}^{-1}$ в зимнее время

Количество опасных и стихийных явлений погоды в различных точках Земного шара, в том числе и в Украине, увеличилось. Эти явления, такие как смерч, шквал, сильные дожди, как правило, связаны с мезомасштабными процессами, для изучения которых нужна более детальная информация, нежели та, которая содержится в метеорологических и аэрологических наблюдениях.

Атмосферные фронты определяются на основе объективного анализа особенностей метеорологических полей в зоне раздела воздушных масс на различных уровнях. Это один из важнейших этапов обработки метеорологической информации синоптиком, который зависит от его профессионализма и, тем самым, вносит отпечаток субъективизма. Известно, что локальные атмосферные процессы (смерчи, шквалы, приводящие к природным катастрофам) развиваются на макромасштабном фоне, поэтому для их определения используют количественные оценки. В мировых метеорологических центрах единых способов учета всех факторов нет. Это и оценка конвективной потенциальной энергии CAPE (convective available potential energy) [125], расчет интегральных запасов относительной потенциальной энергии OPE [5, 125], фронтальных параметров, которые могут включать различные вариации градиентов давления, температуры, полей геопотенциала, осадков, влажности, аналоги синоптической ситуации и т. д. [94-96] и другие критерии гидродинамической неустойчивости. Всего

рассмотрено более 50 случаев синоптических ситуаций, при которых сложились условия для усиления ветра (до 12 мс^{-1} и больше) на больших территориях; из них выбраны в качестве примера два типичных случая для подробного рассмотрения [33, 110]. Изучение таких ситуаций имеет большое практическое значение для авиации, судоходства, строительства и других отраслей экономики.

В работе сделана попытка оценить влияние бароклинности атмосферы, т.е. горизонтальной неоднородности поля температуры на формирование зон опасного ветра на территории Украины. Одним из универсальных параметров оценки бароклинности атмосферных процессов является фронтальный параметр. Фронтальный параметр (ФП) соответствует основному определению атмосферного фронта, а именно на холодном фронте температура начинает падать, а на теплом фронте наблюдается окончательное повышение температуры. Расчет ФП может быть проведен на любом уровне атмосферы с использованием поля температуры, а также для слоев, (как правило, 850-500 и 925-700 гПа) что позволяет учесть трехмерность фронтальных зон. Учет влагосодержания ведется с помощью эквивалентной температуры. В результате расчета получаем поля фронтального параметра в виде зон с положительными значениями ФП, расположенных преимущественно в областях пониженного давления. Повышенные градиенты температуры с теплой стороны высотной фронтальной зоны указывают на положение линии фронта, где изменение горизонтального градиента температуры максимально.

Уточнение положения линий фронта в циклонах важный и трудоемкий процесс и фронтальный параметр может отображать интенсивность фронтогенеза и циклогенеза. Характерной чертой приземного ветра является его значительная пространственная и временная изменчивость, потому что и направление и скорость ветра в большой степени определяются особенностями местных условий. Это касается прежде всего сравнительно небольших ($< 10 \text{ мс}^{-1}$) скоростей ветра. Однако, когда при определенных

синоптических ситуациях складываются условия для усиления ветра (до 10 мс^{-1} и больше), то значительные скорости ветра, даже штормовые, могут наблюдаться над большими территориями [92-96].

Рассмотрим один, из типичных для зимнего сезона, случай, для которых была произведена количественная оценка атмосферных процессов, наблюдавшихся в период 14-18 декабря 2009 г. (Прил. В, рис. В.1 - В.3). Над восточными и юго-восточными районами Украины сформировались поля ветра скоростью 12 мс^{-1} и больше, а в некоторых областях - штормовые зоны. Для оценки влияния бароклинности на формирование поля ветра в указанный период в работе выполнены такие этапы:

- качественный анализ синоптических процессов;
- рассчитаны поля фронтального параметра и относительного вихря для количественного анализа синоптических процессов и атмосферных фронтов;
- оценена возможность использования фронтального параметра для определения зон опасного ветра.

Для синоптического анализа атмосферных процессов использованы приземные карты и карты барической топографии за 00 UTC 14-18 декабря 2009 г. (Прил. В, рис. В.1- В.3).

Расчеты фронтального параметра выполнены по результатам объективного анализа полей геопотенциала, температуры и влажности в узлах географической сетки точек с шагом $2,5^\circ$ по широте и долготе за 00 UTC 14, 15, 16, 17 и 18 декабря. Область расчета: $10-50^\circ$ в.д. и $30-65^\circ$ с.ш.

Фронтальный параметр ψ , который является характеристикой бароклинности нижней половины тропосферы и выражается через горизонтальный градиент модуля градиента эквивалентной толщины слоя ZTE (в нашем случае между изобарическими поверхностями 850-500 гПа),

$$\psi = \nabla |\nabla ZTE| \cdot \vec{n}, \quad (4.1)$$

где $\vec{n} = -\frac{\nabla ZTE}{|\nabla ZTE|}$ единичный вектор, направленный в область минимальных значений температуры и влажности;

$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y}$ двумерный векторный дифференциальный оператор

$$ZTE = -\sum_{P_s}^{P_u} \frac{R}{g} \bar{T}_e \cdot \ln \left(\frac{P_u}{P_s} \right). \quad (4.2)$$

В (4.2) P - давление, \bar{T}_e - функция эквивалентной температуры

$$\bar{T}_e = -\frac{[(T_e)_u - (T_e)_s]}{\ln \frac{(T_e)_u}{(T_e)_s}}. \quad (4.3)$$

В формулах (4.2), (4.3) индексы u и s означают верхнюю и нижнюю изобарические поверхности, которые ограничивают слой атмосферы (в нашем случае изобарические поверхности 500 и 850 гПа).

Относительный вихрь в геострофическом приближении рассчитан по данным объективного анализа

$$\Omega_q = \frac{g}{l} \nabla^2 H, \quad (4.4)$$

где g - ускорение силы тяжести, l - параметр Кориолиса, H - высота изобарической поверхности 500 гПа;

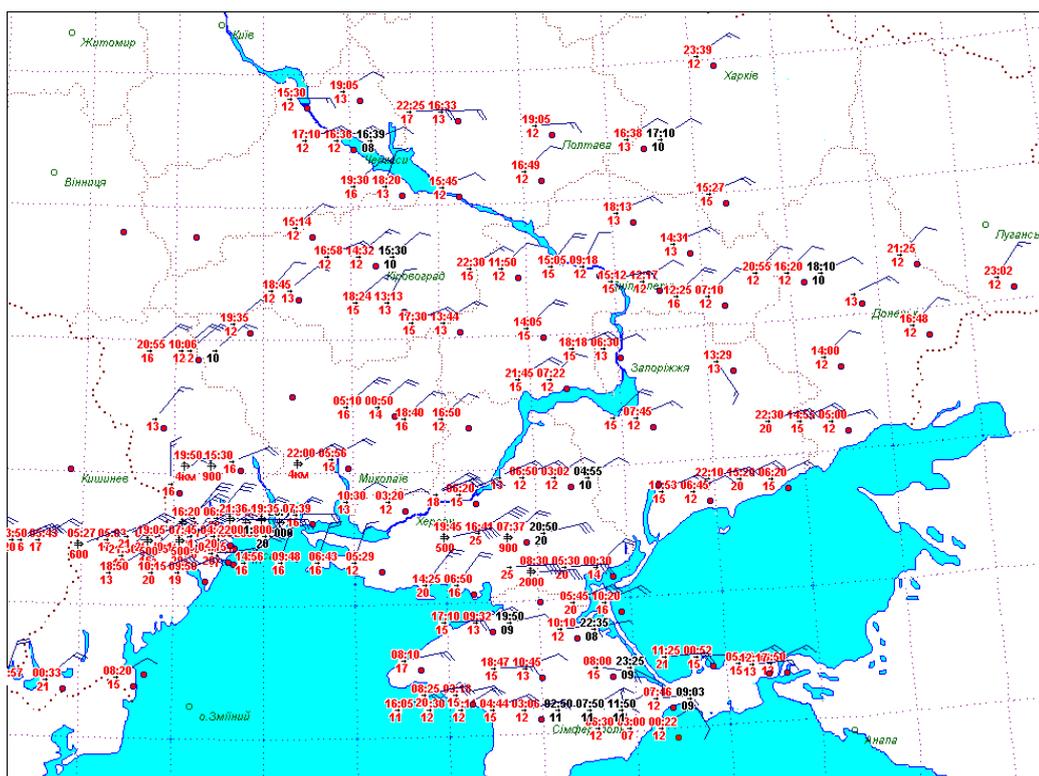
$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \text{двумерный оператор Лапласа} \quad (4.5)$$

Анализ полей ветра сделан по данным карт опасных явлений погоды и штормовых оповещений совместно с полями фронтального параметра и относительного вихря.

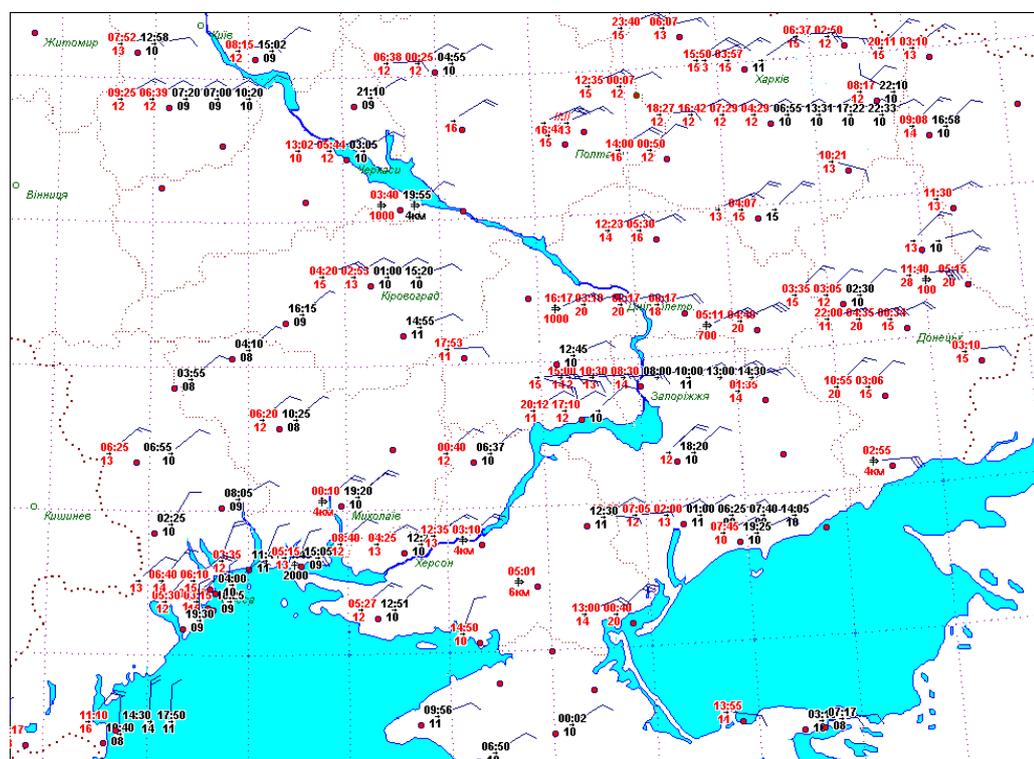
Атмосферные процессы, которые рассматриваются, характеризовались преобладанием меридиональной циркуляции в средней и верхней

тропосфере, что способствовало активизации процессов циклогенеза над Средиземноморским бассейном. Над западной частью Средиземного моря 14.12.09 г. (ЭЦМ 12 бз) сформировался циклон, который в первую половину периода смещался в восточном направлении и 16 декабря его центральная часть находилась над Ионическим морем (Прил. В, рис. В.1а). На протяжении следующих суток циклон двигался в северо-восточном направлении и 17 декабря (ЭЦМ 13з) он определял погодные условия над Черноморским бассейном (Прил. В, рис.В.1б). Как видно из рисунков, продвижению циклона на север и восток препятствовала полоса повышенного давления над центральными и восточными районами Европейской России. Поэтому 18 декабря центральная часть циклона расположена над Балканским полуостровом и погодные условия над восточной Украиной предопределялись зоной повышенных градиентов давления, где проходили участки арктического фронта. Таким образом, усиление скорости ветра в восточных и юго-восточных районах Украины происходило за счет сближения южного циклона с гребнем антициклона и, как следствие, произошло усиление систем арктического и полярного фронтов. В период 15-18 декабря указанные районы находились под воздействием высотной фронтальной зоны, которая наибольшей интенсивности (до $20\text{ }^{\circ}\text{C} / 1000\text{ км}$) достигла именно 16-17 декабря, когда над большей частью востока Украины преобладали ветры скоростью от 12 до $16\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а на побережье Азовского моря и в Крыму скорость ветра в отдельных пунктах достигала $20\text{-}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (рис. 4.1а, б).

Последние годы в анализе атмосферных процессов широко используется такая количественная характеристика бароклинности, как фронтальный параметр (ψ). Так, во многих научных исследованиях показано, что применение этой характеристики является достаточно эффективным при определении фронтальных разделов и связанных с ними зон осадков: получена количественная связь параметра ψ с интенсивностью осадков. В



а)



б)

Рис. 4. 1. Карта штормовых оповещений о ветре за 16-17.12. 2009 г.

Восточно-европейском гидрометеорологическом центре в рамках технологии ГИС "Метео" этот параметр используется для оперативного прогноза шквалов [94-96]. В работе [102] изложены результаты численных экспериментов по прогнозированию зон шквалов для территории Западной Европы и Европейской части России с использованием разных предикторов, в частности, параметра ψ .

В данной работе сделана попытка найти количественную связь полей опасного приземного ветра и параметра ψ для территории Украины. Заметим, что рядом с параметром ψ в научных исследованиях используется еще и параметр F , который является суммой:

$$F = \psi + P, \quad (4.6)$$

где P – характеризует, в основном, циклоничность поля давления в нижней тропосфере. Таким образом, параметр F учитывает и бароклинность нижней половины тропосферы и циклоничность поля давления. Алгоритм расчета параметра P достаточно сложен и поэтому, в данной работе, характер барического поля определялся с помощью геострофического относительного вихря, значения которого рассчитаны по данным объективного анализа полей геопотенциала изобарной поверхности 850 гПа за соответствующие дни и сроки.

В качестве примера (Прил.В, рис.В.3) представлены поля фронтального параметра ψ и вихря скорости Ω_q за 17 декабря, когда атмосферные процессы были наиболее активными. Как видно, (Прил. В, рис. В.3) восточная часть Украины находится в переходной зоне между областями с положительными и отрицательными значениями вихря скорости Ω_q , то есть над территорией, которая исследуется, значения Ω_q колебались около нуля. Заметим, что такие значения вихря скорости Ω_q сохранялись практически в течение всего рассмотренного периода. Это дает возможность утверждать, что в данной синоптической ситуации вклад циклоничности поля давления

незначительный и формирование полей опасного ветра predetermined в основном бароклинным фактором.

Рассмотрим сначала поля фронтального параметра и приземного давления. Анализ этих полей показал, что в начале периода (14.12.09) большая зона положительных значений ψ находилась вне пределов территории Украины. Она отвечала системе полярного и арктического фронтов, которые проходили над северной частью Средиземноморского бассейна и над полуостровом Малой Азии.

В течение суток фронтальная система смещалась в северо-восточном направлении и 15 декабря теплый участок арктического фронта находился уже над северным побережьем Черного моря. Этому участку фронта отвечает достаточно узкая зона положительных значений ψ (от 5 до 15 ед; за единицу берется значение $\psi = 10^{-10} \text{ м}^{-1}$). С 15 на 16 декабря состоялось сближение арктического и полярного фронтов благодаря выходу южного циклона на восточную часть Средиземного моря и распространению отрога сибирского антициклона на районы Европейской России (ЭЦМ 12а). Как видно из синоптических карт (Прил.В, рис В.2), зона положительных значений ψ сместилась на территорию Украины вместе с системой фронтов. Эта зона охватила область от 32 до 40 в.д. и от 43 до 46° с. ш. Именно в этой зоне наблюдались ветры скоростью больше $12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Наиболее сильные ветры (до $20 - 25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) отмечались вблизи 46 ° с.ш., где фронтальный параметр достигал 20 ед. (Прил. В, рис.В.3а).

Аналогичная картина наблюдалась 17 декабря (рис. 4.1), хотя скорость ветра в Приазовье и Крыму уменьшилась, а полоса наиболее сильных ветров ($15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) сдвинулась на север до 48° с. ш.

Таким образом, совместный анализ полей фронтального параметра и приземного ветра показал, что между параметром ψ и скоростью приземного ветра существует связь, которую ориентировочно можно выразить количественно. В нашем случае скорости $15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ наблюдаются в зоне, где ψ колеблется около 20 ед. Скоростям ветра $10-15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ отвечают

положительные значения параметра (до 15 ед.). Более слабые ветры наблюдаются на тех участках поля давления, где фронтальные условия отсутствуют, то есть параметр ψ приобретает отрицательные значения. В заключении хочется отметить, что изложенные результаты получены для зимнего случая, связанного с выходом южного циклона и его блокированием отрогом сибирского антициклона, когда территория восточных районов Украины находилась в переходной зоне со слабо выраженной циклоничностью. Поэтому, выводы из выполненного анализа можно обобщать на похожие ситуации. Однако основной вывод заключается в том, что фронтальный параметр ψ можно использовать как количественную характеристику в качестве одного из предикторов при прогнозе сильного ветра и шквалов, что согласуется с результатами работы.

4.2 Определение зон опасного ветра осенью

В период с 11 по 16 октября 2009 года территория Украины находилась под влиянием двух систем атмосферных фронтов: арктического и полярного. На начало периода (11.10.09 г.) полярная система фронтов располагалась в широтном направлении почти вдоль 40° с.ш. и только над Адриатическим морем приобретала меридиональную направленность благодаря фронту оклюзии (ЭЦМ 13з). Арктическая система фронтов находилась над центральными районами Западной Европы, северным побережьем Черного моря и дальше над Северным Кавказом (рис. 4.2 а). Погодные условия над западными и центральными районами Украины формировались под действием теплого участка арктического фронта, а на южные районы влиял холодный участок. Поле фронтального параметра за 11.10.09 г., которое здесь не демонстрируется, показывает, что более активной является полярная система фронтов, где значения ψ достигают 20 ед. Теплому участку

арктического фронта над западными районами Украины, где повсеместно наблюдаются грозы с осадками и усилением ветра в отдельных пунктах до $10-14 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (рис. 4.2. б), соответствуют положительные значения ψ до 6 ед., то есть этот участок фронта является достаточно активным и благоприятным для образования грозных очагов с осадками и усилением скорости ветра.

Через сутки на волне холодного участка арктического фронта сформировался циклон с минимальным давлением (1000, 4 гПа) недалеко от Варшавы (рис. 4.2. в). Циклон в виде замкнутого центра прослеживается до изобарической поверхности 700 гПа. Он находится под дельтой динамически значимой высотной фронтальной зоны (ВФЗ), с которой в верхней и средней тропосфере связаны струйные течения со скоростью до $45 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Системы фронтов занимают более северное положение и потому над Черноморским бассейном они соответствуют ветвям полярного фронта, а не арктического, как в предыдущие сутки. Наиболее активным участкам арктического фронта (в центральной части циклона) и участкам полярного фронта над Украиной отвечает область, где фронтальный параметр ψ приобретает положительные значения до 10 ед. На рис. 4. 2 г видно, что эта область расположена в широтной полосе $47-55^\circ$ с.ш. между 15 и 30° в.д., то есть охватывает западную и центральную части Украины. Но, как показывает карта штормовых оповещений за 12.10.09 г., над большей частью Украины наблюдались лишь туманы и низкая облачность. Усиление ветра до $18 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ отмечалось вблизи Говерлы, а до $12-13 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ - в отдельных пунктах западного побережья Крыма. Это свидетельствует о том, что между зонами с повышенными значениями ψ и опасным ветром связи в данной ситуации нет.

В течении суток (с 12 на 13.10.09 г.) над Балканским полуостровом образовался южный циклон с давлением в центре около 996 гПа и объединился с западным циклоном над Прибалтикой. Таким образом, 13 октября центральные районы Европы находились под воздействием двухцентрового циклона, с которым связаны системы арктического и полярного фронтов (рис.4. 2а). Именно эти фронты предопределяли погодные

условия и способствовали формированию зон опасного ветра в разных частях Украины с 13 по 16 октября. Отмечались усиления ветра до $12-15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ над западными и центральными районами Украины и до $15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ над северо-

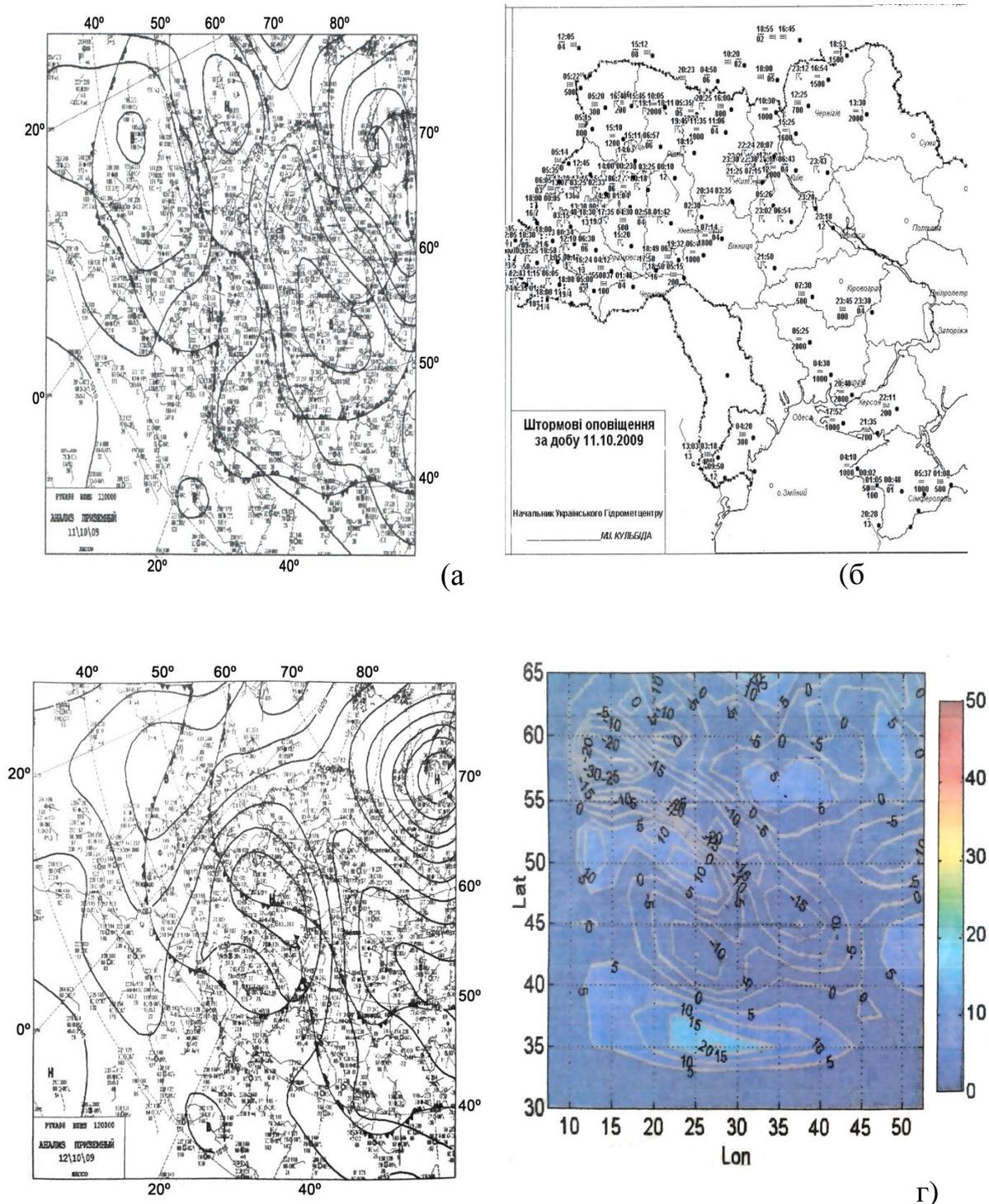


Рис. 4.2. Приземний аналіз (а), штормові оповіщення – (б) за 11.10.09 г.; приземний аналіз – (в), фронтальний параметр – (г) за 12.10.09 г.

западным побережьем Черного моря (ЭЦМ 12 бз), поскольку усиление ветра отмечалось в наибольшем числе пунктов 13.10.2014, потому для этой даты приведены поля фронтального параметра, относительного вихря, и карта штормовых оповещений (рис. 4.3. б, в, г). Как видно из рис. 4.3б, область, где ψ изменяется от 5 до 20 ед., расположена вблизи центра циклона и связана с ветвями полярного и арктического фронтов, которые здесь наиболее сближены. Часть этой области находится над западными и центральными районами Украины, где в большом количестве пунктов наблюдался опасный ветер, а в некоторых пунктах – грозы (рис. 4.3. а, г). Все эти явления связаны с активным участком теплого фронта, на котором параметр ψ превышал пороговое значение для шквалов ($\psi = 2,5$ ед.).

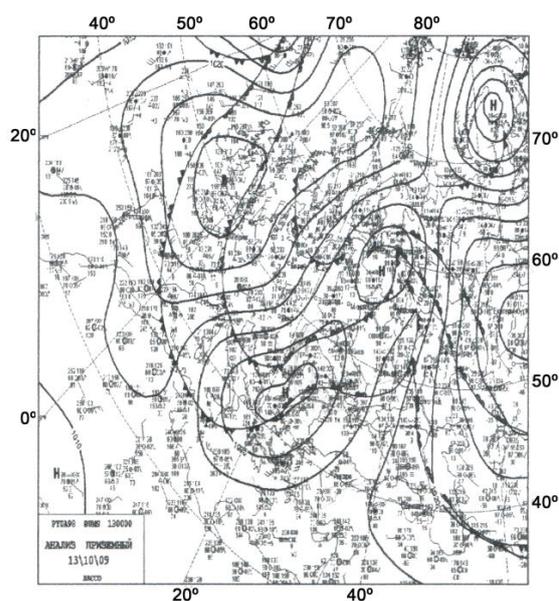
Раньше отмечалось, что для идентификации атмосферных фронтов удобнее использовать параметр F , который описывает не только бароклинность, но и циклоничность барического поля нижней тропосферы. В качестве характеристики циклоничности в данной работе использованы поля относительного вихря на изобарической поверхности 500 гПа, то есть учитывается влияние циклоничности барического поля в средней тропосфере на активность фронтов. На рис. 4. 3 в для примера представлено поле Ω_q за 13.10.09. Видно, что южному циклону отвечает замкнутая область, где относительный вихрь достигает $6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, то есть в пять раз превышает порядок этой величины. При этом над Западной Украиной вихрь приобретает значение от 3 до $6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, а над центральной ее частью он резко изменяется от положительных значений к отрицательным. Как показывает рис. 4.3 г, именно в этих районах Украины сформировались зоны опасного ветра. Это значит, что в данной ситуации значительную роль может играть циклоничность барического поля, которая не учитывается параметром ψ .

В следующие сутки (14.10.09 г.) южная часть циклона с двумя меридионально ориентированными участками холодных фронтов находилась на территории Украины (рис. 4.4. а). Ветви теплых фронтов проходили

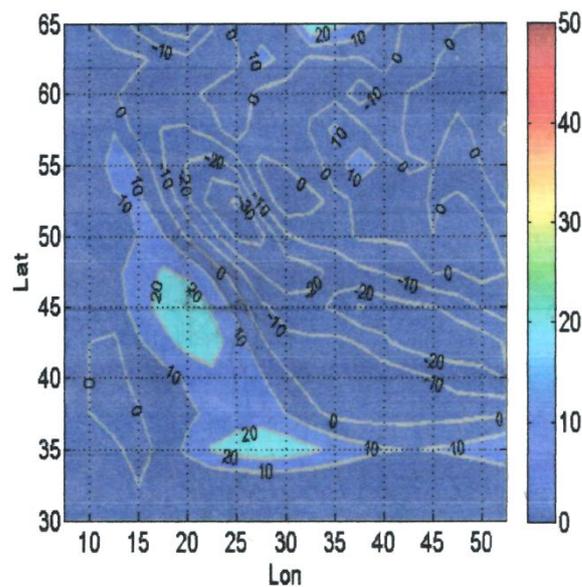
севернее 50° с. ш., поэтому погодные условия определялись, в основном влиянием холодных фронтов не только 14 октября, но и 15, когда скорости ветра от 10 до $16 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ были зафиксированы во многих пунктах Западной и Центральной Украины и в Крыму (рис. 4.4б). Как видно из рис. 4.4в, участкам холодных фронтов над Украиной, с которыми связаны скорости ветра от 10 до $17 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, отвечает зона положительных значений ψ (до 30 ед.), то есть опасный ветер над западными и центральными районами Украины и Крымом обусловлен интенсивной бароклинностью в нижней и средней тропосфере. Из анализа поля относительного вихря Ω_q следует, что усилению ветра на больших территориях в данном случае может способствовать также циклоническая кривизна поля давления, которая характеризуется большими значениями Ω_q ($> 8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$), и ее резкие изменения (рис. 4.4. г). Сравнение рис. 4.4. б и 4.4. г показывает, что областям, где скорость ветра $\geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, отвечает центральная часть замкнутой области с $\Omega_q = 8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ (Западная Украина) и полоса их максимального уплотнения (центральные и южные районы Украины и Крым).

Аналогичная ситуация происходила 15 и 16 октября, то есть поле ветра формировалось также в бароклинной зоне, при большой интенсивности.

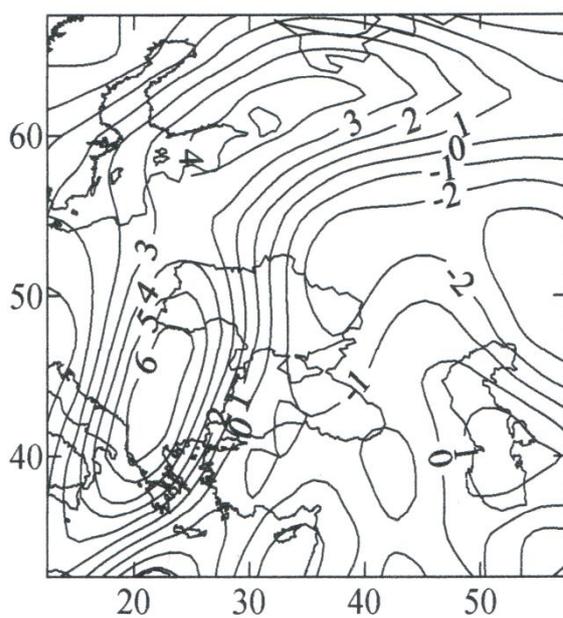
Конвективная деятельность на территории Украины достаточно детально исследована в работе [4] где, в частности, отмечается, что в теплый период (май - сентябрь) наибольшую повторяемость имеет слабая конвекция, для которой параметр CAPE имеет значение в интервале $0-500 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$. Анализ данных радиозондирования ст. Киев, Одесса, Харьков, Львов за отдельные сроки рассмотренного периода показал, что параметр CAPE равняется нулю во всех случаях. Это не противоречит результатам указанной работы, согласно которой уже в начале осени (в сентябре) конвекция значительно ослабляется: повторяемость слабой конвекции ($0-500 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$) составляет всего 11%, а более интенсивная конвекция образуется меньше, чем



(a)



(б)

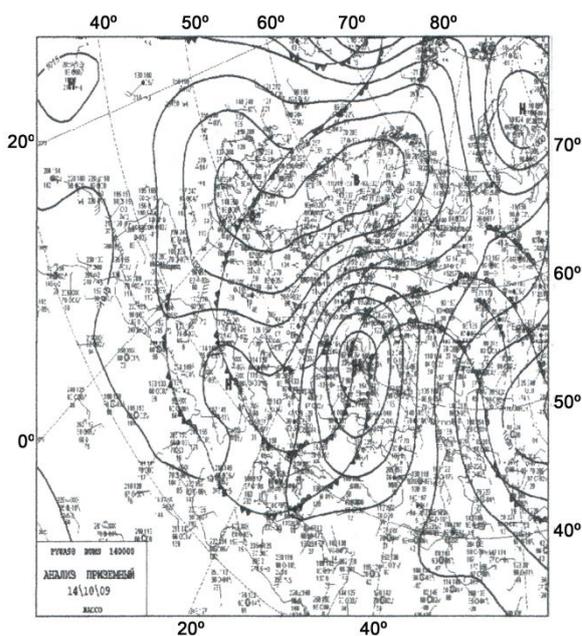


(в)



(г)

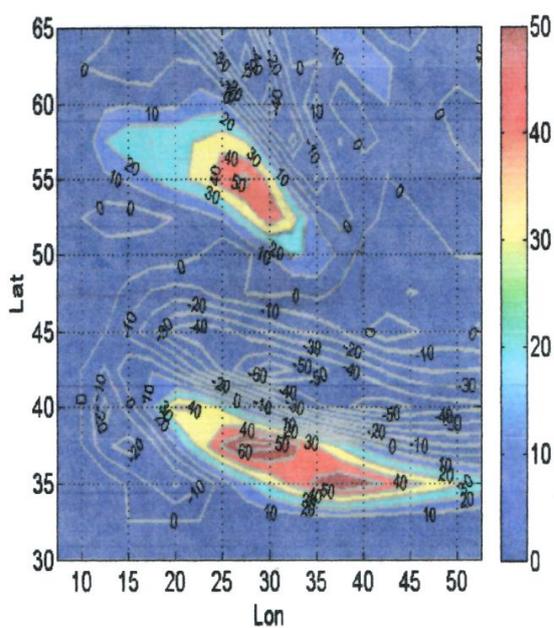
**Рис.4.3. Приземний аналіз-(а), фронтальний параметр-(б);
 отнoсительний вихр – (в), штормові оповіщення – (г) за
 13.10.09 г.**



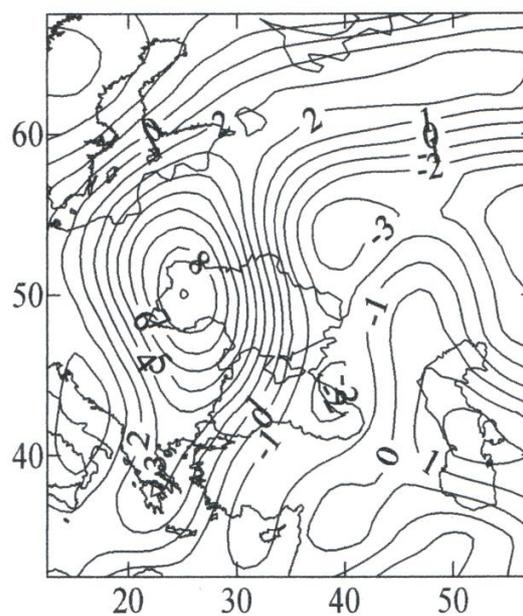
(a)



(б)



(в)



(г)

Рис. 4.4. Приземний аналіз – (а), штормові оповіщення – (б), фронтальний параметр – (в), відносний вихорь – (г) за 14.10.09 г.

в одном случае. Можно ожидать, что в октябре конвекция может быть еще менее интенсивной.

В работе [102], где рассматривается проблема прогноза шквалов, для учета влияния конвекции на усиление приземного ветра используется индекс неустойчивости ТТ. Ниже представлены ТТ для Киева за ночные и дневные сроки с 11 по 15.10.09.

Таблица 4.1

Индекс неустойчивости для периода 11-15 октября 2009 г.

Дата	11		12		13		14		15	
Строк	00	12	00	12	00	12	00	12	00	12
ТТ°,С	38	50	45	38	47	52	47	22	44	40

Как показывают результаты расчетов, значение ТТ не намного больше порогового значения, которое составляет 44 °С, т.е. можно считать, что вклад конвекции в формировании опасного ветра незначительный. Об этом свидетельствуют результаты ТТ за отдельные сроки для Львова, Одессы и Харькова (максимальное значение не превышает 51°С).

За рассмотренный период главную роль в формировании зон опасного ветра на территории Украины играют атмосферные фронты, в зоне которых параметр ψ превышал пороговое значение 2,5 ед. и в отдельные сроки достигал 50 ед. но количественной связи между скоростью ветра и параметром ψ пока не обнаружено.

ВЫВОДЫ К РАЗДЕЛУ 4

Обнаруженная связь между полями относительного вихря в средней тропосфере и зонами опасного ветра у поверхности земли указывает на значительное влияние циклоничности поля давления на скорость приземного ветра.

– Совместный анализ полей фронтального параметра и приземного ветра показал, что между параметром ψ и скоростью приземного ветра существует связь, которую можно выразить количественно. В рассмотренных случаях скорости $15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ наблюдаются в зоне, где ψ колеблется около 20 ед. Скоростям ветра $10-15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ отвечают положительные значения параметра (до 15 ед.).

– Слабые ветры наблюдаются на тех участках поля давления, где фронтальные условия отсутствуют, то есть параметр ψ приобретает отрицательные значения.

– Изложенные результаты получены для зимних и осенних случаев, связанных с выходом южного циклона и его блокированием отрогом Сибирского антициклона, когда территория востока Украины находилась в переходной зоне со слабо выраженной циклоничностью. Поэтому выводы из выполненного анализа можно обобщать на похожие ситуации.

– Доказано, что осенью индекс конвективной неустойчивости приобретал, в основном, значения, меньше или несколько больше порогового, поэтому в рассмотренных ситуациях вклад энергии конвективной неустойчивости в формировании зон опасного ветра незначительный.

ВЫВОДЫ

Физико-статистический анализ пространственно-временного изменения ветрового режима и циркуляционных условий над районами востока Украины за период с 1993 по 2012 гг. позволил получить основные статистические параметры, которые отражают взаимосвязь стихийных гидрометеорологических явлений, случаев высоких уровней загрязнения атмосферы и ветровых аномалий над указанным регионом. Основные результаты исследования состоят в следующем:

– Произведена оценка защищенности и репрезентативности метеорологических станций восточных районов Украины по степени открытости ветроизмерительных приборов в соответствии с классификацией В.Ю. Милевского: Донецкая, Харьковская, Днепропетровская АМСГ, Троицкое, Новопсков, Беловодск относятся к открытым площадкам; Коломак, Золочев, Дарьевка, Сватово, Комиссаровка, Губиниха, Синельниково – к полузащищенным. Остальные 56% станций относятся к защищенным. Метеостанции находятся в урбанизированной зоне, постепенно происходит процесс застройки, что, в свою очередь, приводит к уменьшению показателей измеряемых характеристик скорости ветра.

– Установлено, что среднемесячные значения скорости ветра на территории востока Украины уменьшились на всех станциях. Наибольшие изменения (уменьшение на $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) произошли на станциях Волноваха и Золочев, а наименьшие (всего на $0,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) в Луганской области на станциях Троицкое и Беловодск, которые находятся в степи, на открытой местности, изрезанной балками. Уменьшение скорости ветра с $3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ до $1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, т.е. в 2 раза, отмечено на станции Артемовск.

– Выявлено, что направления воздушных потоков над территорией восточных районов Украины преимущественно северные, северо-западные и южные независимо от сроков наблюдений. Распределение других направлений существенно не эволюционирует; значения средних квадратичных отклонений свидетельствуют о формировании ветрового режима на исследуемой территории практически одними макроциркуляционными процессами, за исключением Днепропетровской области.

– Исследована связь между уровнями концентраций и метеорологическими факторами в больших городах. На примере г. Харькова получена статистическая оценка полей скорости, направления ветра и концентрации пыли, которая может быть использована при разработке задач муниципального развития. Усовершенствована методика прогнозов высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха МУЗ для холодного периода, а именно, уточнены типы синоптических ситуаций с соответствующими характеристиками параметрами Кц.

– Составлен ежедневный каталог типов синоптических процессов за 1993-2012 гг. в основные месяцы сезонов. Выявлены типовые синоптические процессы и типы, которые приводят к увеличению интенсивности СГЯ, связанных с ветром.

– Впервые проведен совместный анализ синоптических ситуаций над районом исследования и ЭЦМ (по Б.Л. Дзержевскому) в течение двадцатилетнего периода конца XX - начала XXI столетия, выявлены наиболее вероятные атмосферные процессы, формирующие погодные условия востока Украины, и обнаружено, что рост числа стихийных и опасных явлений погоды, связанных с ветром, обусловлен изменчивостью атмосферной циркуляции и термического режима.

– Предложен совместный количественный анализ полей фронтального параметра и приземного ветра зимой и осенью. Скорости 15-20 м·с⁻¹ наблюдаются в зонах, где ψ колеблется около 20 ед. Скоростям

ветра $10-15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ отвечают положительные значения параметра до 15 ед. Слабые ветры наблюдаются на тех участках поля давления, где фронтальные условия отсутствуют, то есть параметр ψ приобретает отрицательные значения. Выявлена связь между полями относительного вихря в средней тропосфере и зонами опасного ветра у поверхности земли, которая указывает на преобладающее влияние циклоничности поля давления на скорость приземного ветра. Найденные закономерности можно использовать при аналогичных синоптических ситуациях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анапольская Л.Е. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки / Л. Е. Анапольская, Л.С. Гандин // Метеорология и гидрология, 1978. – Вып. 7. – С. 11-17.
2. Анисимова Т.Н. Некоторые характеристики скорости ветра на территории СССР / Т.Н. Анисимова, Т.Ф. Каткова, Б.И. Костинская, О. Ф. Савилова // Труды ВНИИГМИ – МЦД. – 1977. – Вып.52. – С. 44-46.
3. Антонович В. Д. Особенности временных рядов скорости ветра / В. Д. Антонович, Л. А. Литвякова // Труды ГГО, 1979. – Вып. 425. – С. 42-46.
4. Балабух В.О. Регіональні особливості розподілу небезпечних і стихійних конвективних явищ погоди при переміщенні на Україну циклонів і фронтів з північною складовою наприкінці двадцятого століття / В.О. Балабух // Тези доповідей другої міжнар. наук.-техн. конф. „Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки” – Одеса: ТЕС, 2007. – С. 298.
5. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине / В. А. Балабух, В. М. Шестопалов, В.Ф. Логинов, В. И. Осадчий и др. // Глобальные и региональные изменения климата. –К.: Ника-Центр, 2011. – С. 150 – 159.
6. Багров Н.А. О некоторых вопросах подыскания аналога для данного образа / Н. А. Багров // Труды ГМЦ СССР. –1973. –Вып.106. – С.78–104.
7. Барабаш М. Б. Дослідження змін та коливань опадів на рубежі ХХ і ХХІ ст. в умовах потепління глобального клімату / М. Б. Барабаш, Т. В. Корж, О. Г. Татарчук // Наук. праці УкрНДГМІ, 2004. – Вип. 253. – С. 92-101.
8. Бедрицкий А. И. Опасные гидрометеорологические явления, вызываемые ветром, и их влияние на экономику России /А. И. Бедрицкий,

А. Коршунов, Н.Н. Коршунова, В.И. Лиманов, М.З. Шаймарданов // Метеорология и гидрология, 2001. – Вып. 9. – С. 5-16.

9. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения городов / Э. Ю. Безуглая. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.

10. Бернгард Р.П. Восстановление однородности максимальных скоростей ветра / Р. П. Бернгард // Труды ГГО, 1983. – Вып. 475. – С. 51-55.

11. Бучинский Н.Е. Климат Украины / Н.Е. Бучинский. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 254 с.

12. Брагинская Л.О. О распределении климатологических ветроэнергетических ресурсов по территории СССР / Л.Л. Брагинская // Труды ГГО, 1985. – Вып. 525. – С. 120-128.

13. Будилина Е.Н. Смерчи и шквалы умеренных широт / Е.Н. Будилина., Л.З. Прох., А. И. Снитковский. – Л.: Гидрометеиздат, 1976.- 33 с.

14. Волощук В.М. Глобальне потепління і клімат України: регіональні, екологічні та соціально-економічні аспекти / В.М. Волощук, С.Г. Бойченко, С.М. Степаненко та ін. // ВПЦ „Київський університет”. – 2002. – 117 с.

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

16. Врублевская А.А. Статистическая оценка поля ветра на территории Украины / А. А. Врублевская, О. П. Гордейчук, Н. К. Миротворская, Т.А. Гребеновская, Ю.Н. Фролова // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2001. – Вип. 44. – С. 9 – 16.

17. Врублевская А. А. Исследование статистической структуры поля температуры на территории Украины / А.А. Врублевская, О.П. Гордейчук, Н.К. Миротворская // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2000. – Вип. 41. – С. 122 – 129.

18. Горошко В. В. Некоторые особенности распространения вредных примесей от высоких источников в зависимости от синоптико – метеорологических факторов / В. В. Горошко // Труды ГГО, 1968. – Вып. 207. – С. 69-75.

19. Григорьев Г.Н. Метеорологические аспекты загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах ЦЧР и особенно в Белгороде: (БелГУ, Белгород) [Электронный ресурс] / Г.Н. Григорьев, О.В. Крымская, М.Г. Лебедева. – Режим доступа: <http://conf.bstu.ru/articles/list>.

20. Гребенюк Н.П. Про зміни температури повітря в містах України у процесі урбанізації / Н.П. Гребенюк, М.Б. Барабаш // Труды УкрНИГМИ, 2004. – Вып. 253. – С. 148-154.

21. Громова О.В. Аналіз моделей поширення домішок в атмосфері від стаціонарних джерел / О.В. Громова // Труды УкрНДГМІ, 2004. – Вып. 253. – С.173-181.

22. Довгий С.А. Математическое моделирование техногенных загрязнений окружающей среды / С. А. Довгий., В.А. Прусов, А.В. Копейка // -Киев: Наук. Думка, 2000.

23. Дубинский Г.П. Климат Харьковской области /Г.П. Дубинский, Я.А. Смалько, А.И. Лотошникова // Материалы Харьковского отдела географического общества Украины, 1970. – Вып 8. – С. 174-195.

24. Зубкович С.А. К проблеме типизации синоптических процессов над Востоком Украины /С.А. Зубкович // Eastern-Europen jornal of enterprise tehcnologies, 2013. – № 3/11(63). – P. 26 – 29.

25. Зубкович С.О. Особливості вітрового режиму м. Харкова / С.О. Зубкович // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування : освіта– наука–виробництво–2014., XVII міжнар. наук. – практич. конф., 13-14 листопада 2014 р.: зб. тез доп., Харків, 2014.– С.31–33.

26. Зубкович С.А. Типизация синоптических процессов над Восточной Украиной / С.А. Зубкович // Український гідрометеорологічний журнал, 2010. – № 7. – С. 103-108.

27. Зубкович С.О. Роза вітрів м. Дніпропетровська навесні / С.О. Зубкович // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали III міжнар. наук. конф. 26-27 лист. 2014р., Харків. – С.19–21.

28. Зубкович С.О. Метеорологічні умови забруднення атмосферного повітря м. Харкова / С.О. Зубкович // Сучасні міждисциплінарні дослідження: історія, сьогодення, майбутнє. VIII Міжнар. заочна конф. 14 листопада 2014р., Київ. – С. 10-12.

29. Зубкович С.О. Фізико-статистичний аналіз поля вітру над Східною Україною / С.О. Зубкович // 9 наук. конф. молодих вчених, 10-16 трав. 2009. : тез. доп. – Одеса: ОДЕКУ, 2009. – С.85.

30. Ивус Г.П. Статистический анализ поля ветра над Восточной Украиной в условиях изменения климата / Г. П. Ивус, А. Б. Семергей-Чумаченко, С. А. Зубкович // Глобальные и региональные изменения климата, 2011. – Киев. Ника-Центр– С. 155-161.

31. Ивус Г.П. Статистичні характеристики швидкості вітру над сходом України у січні в епоху кліматичних змін / Г.П. Ивус, А.Б. Семергей – Чумаченко, С.О. Зубкович // – Фізична географія та геоморфологія, 2009. – Вип. 57. – С.23-28.

32. Ивус Г.П. Умови утворення та прогнозу слабого вітру біля поверхні землі та інверсій температури в районі Одеси: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / Г.П. Ивус.// – К.: НМК з гідрометеорології Міносвіти України, 1998. – 112 с.

33. Ивус Г. П. Визначення зон небезпечного вітру за допомогою фронтального параметру на території України // Г.П. Ивус, Г.В. Хоменко, С.О. Зубкович, І.Ф. Ковальков // Вісник ОДЕКУ, 2014. – Вип. 18. – С. 67-75.

34. Івус Г.П. Статистична оцінка характеристик швидкості вітру над Східною Україною в холодний період року / Г.П. Івус, С.О. Зубкович, А.Б. Семергей-Чумаченко // Причорноморський екологічний бюлетень, 2010. – № 2 (36). – С. 73-76.
35. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / Г.П. Івус // – Одеса: Екологія, 2007. – 322 с.
36. Івус Г.П. До проблеми типізації синоптичних процесів над півднем України в сучасних умовах / Г.П. Івус, А. Б. Семергей-Чумаченко, Е. В. Агайар // Причорноморський екологічний бюлетень, 2009. – № 2 (32). – С. 25-33.
37. Івус Г.П. Оцінка забруднення атмосферного повітря над Одесою пилом та діоксидом сірки у січні 2003-2007 рр. / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, А.Ф. Мізевич, // Вісник ОДЕКУ, 2010. – Вип. 10. – С. 80-87.
38. Івус Г. П. Використання фронтального параметра для визначення зон небезпечного вітру / Г.П. Івус, Г.В. Хоменко, С.О. Зубкович // Вісник ОДЕКУ, 2013. – № 16. – С. 67–74.
39. Івус Г.П. Фізика антициклогенеза: монографія / Г.П. Івус, В.А. Ефимов // – К.: КНТ, 2005. – 208 с.
40. Івус Г. П. Характеристика основних статистичних моментів розподілу швидкості вітру над Східною Україною / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, С.О. Зубкович // Современные направления теоретических и прикладных исследований: междунар. науч.-практ. конф., 15–26 марта 2010 г.: сб. науч. тр. – Одесса: ОНМУ, 2010. – Том 30. – С. 8-10 .
41. Изменение климата, 2007г. / Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп 1, 2, 3, межправительственной группы экспертов по изменению климата / Пачури П.К., Райзингер А. и др. // МГЭИК, Швейцария , 2007. – С. 104.
42. Кадастр Клімату України / ч. 2. // атмосферний тиск і вітер. 1999. – С. 222.

43. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990) Київ. –2002. – С. 446.
44. Казаков А. Л. Об использовании различной информации по ветру в прикладных исследованиях / А.Л. Казаков // Метеорологія, гідрологія та кліматологія, 2005. – Вип. 49. – С. 190-203.
45. Казаков А.Л. Стихійні метеорологічні явища на Україні / А.Л. Казаков // Вісник ГМЦ ЧАМ, 2010. –Вип.1. –С 53-66.
46. Кац А.Л. Индекс циркуляции как показатель зональных и меридиональных синоптических процессов / А.Л. Кац // Метеорологія и гідрологія, 1959. – №5.– С.3–8.
47. Клімат Харькова / Под ред. В.Н. Бабиченко, – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 216 с.
48. Клімат Днепропетровска / Под ред. Л.К. Смекаловой и Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 174 с.
49. Клімат України / За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
50. Кліматологический справочник СССР / История и физико-географическое описание метеорологических станций. - Киев , 1964. –454 с.
51. Кліматические характеристики условий распространения примесей (Справочное пособие). – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 238 с.
52. Клименко Л.В. Синоптико-климатическая типизация атмосферных процессов и ее каталог / Л.В. Клименко //–М. МГУ им. М.В. Ломоносова, 1976–106 с.
53. Кобышева Н.В. Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов / Н. В. Кобышева, М.А. Гольдберг // – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 86 с.
54. Кобышева Н.В. Кліматическая обработка метеорологической информации / Н.В. Кобышева, Г.Я. Наровлянский. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.

55. Кондратюк В.И. Об устранении неоднородности в рядах ветра / В. И. Кондратюк // Труды ГГО, 1984. – Вып. 485. – С. 130-134.
56. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н.К. Кононова; отв. ред. А.Б. Шмакин; Рос. акад. наук, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
57. Косовець О.О. Кліматичні екстремуми в умовах зміни клімату / О.О. Косовець, О.Є. Пахалюк // Фізична географія та геоморфологія, 2009. – Вип. 57 – С.81-89.
58. Ліпінський В.М. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986 – 2005 рр.) /В.М. Ліпінський, В. І. Осадчий, В.М. Бабіченко // Київ: Ніка-Центр, 2006. – С. 328.
59. Лоева І.Д. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря великого міста / І.Д. Лоева, О.Г. Владимірова, В.А. Верлан //Екологія, 210 – 220 с.
60. Логинов, В. Ф. Экстремальные климатические явления: пространственно-временные закономерности их изменений и предпосылки прогнозирования / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка// География и природные ресурсы, 2010. – № 3. С. 10–19 .
61. Луц Н.В. Многолетняя изменчивость скорости ветра в Восточном Приазовье / Н.В. Луц // Метеорология и гидрология, 2001. – Вып. 2.– С. 98-102.
62. Ляшенко Г.В. Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Украине / Г.В. Ляшенко // – Одесса: ННЦ „ИВиВ им. В.Е. Таирова”, 2011. – 249 с.
63. Мартазинова В.Ф. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние / В.Ф. Мартазинова, Т.А. Свердлик // Труды УкрНИГМИ, 1998. – Вып. 246. – С. 21-27.

64. Мартазинова В.Ф. Синоптические процессы, определяющие современный климат Украины / В.Ф. Мартазинова, Е.К. Иванова // - Фізична географія та геоморфологія, 2009 - Вип. 57 – С. 18 - 22.

65. Матушевский Г.В. Энергетические характеристики ветрового потока над взволнованной поверхностью океана / Г.В. Матушевский, И.М. Кабатченко // Метеорология и гидрология, 2006. – Вып. 9. – С. 59-63.

66. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование: [сборник лекций] / под ред. Н.Ф. Вельтищева – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 138 с.

67. Мінерговугілля України. Оновлення Енергетичної стратегії України до 2030 р. Проект документу для громадських обговорень, 2012р. – 178 с.

68. Милевский В.Ю. Вероятность ветра различной скорости на территории СССР / В. Ю. Милевский // Труды ЛГМИ, 1961. – Вып. 12. – С. 58-97.

69. Милевский В.Ю. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз – диаграмм ветра / В.Ю. Милевский // Труды ГГО, 1960. – Вып. 113. – С. 57-69.

70. Милевский В.Ю. Особенности ветрового режима северной полосы Европейской территории СССР / В.Ю. Милевский // Труды ЛГМИ, 1961. – Вып. 12. – С. 98-116.

71. Мещерская А.В. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным / А.В. Мещерская, В.В. Еремин, А.А. Баранова, В.В. Майстрова // Метеорология и гидрология, 2006. – Вып. 9. – С. 46-58.

72. Мещерская А.В. Мониторинг скорости ветра на водосборе Волги и Урала в XX веке / А.В. Мещерская, И.Ф. Гетман, М.М. Борисенко, Э.И. Шевкунова // Метеорология и гидрология, 2004. – Вып. 3. – С. 83-97.

73. Пановский А. Статистические методы в метеорологии / А. Пановский, Г. Брайер // –Л.: Гидрометеиздат, 1972.- 212 с.

74. Огляд погоди та стихійних гідрометеорологічних явищ на території України/ Український гідрометеорологічний центр, ЦГО, 1998-2009 рр.

75. Петросянц М.А. Циркуляція швидкості вітра в центрах дії атмосфери, як показувач кількості опадів і температури в їх межах. Аналіз взаємозв'язків на синоптичних масштабах / М.А. Петросянц // Метеорологія і гідрологія, 2006. – Вип. 5. – С. 5-20.

76. Полонський А.Б. Зміна клімату: деякі нові факти і потенційно небезпечні тенденції природного і антропогенного характеру/ А.Б. Полонський // Тези доп. другої міжнар. наук.-техн. конф. „Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки” – Одеса: ТЕС, 2007. – С. 22.

77. Положення про порядок складання та передачі попереджень і донесень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення природного середовища.-Київ.: Держкомгідромет України, 2008. – С. 34.

78. Прусов В. А. Математичне моделювання атмосферних процесів / В.А. Прусов, С.І. Сніжко // К.: Ніка-Центр, 2005. – 496 с.

79. Рекомендації по визначенню кліматических характеристик вітроенергетических ресурсів. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 80 с.

80. Репетин Л.Н. Кліматическі зміни вітрового режиму північного узбережжя Чорного моря / Л.Н. Репетин // Тези доповідей другої міжнародної науково-технічної конференції „Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки”, 2007 – Одеса: ТЕС. – С. 173-174.

81. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч.2. Вип. 1. Европейская часть СССР и Закавказье. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 298 с.

82. Сапожникова С.А. Характеристика местоположения метеорологических станций для оценки его влияния на ветровой режим / С.А. Сапожникова // Труды НИИАК, 1966. – Вип. 37. – С. 17–38.

83. Семергей - Чумаченко А.Б. Характеристика термобаричної та гідродинамічної структури нижньої стратосфери в період виникнення смерчів над півднем України / А.Б. Семергей – Чумаченко // Український гідрометеорологічний журнал, 2009. – № 5 . – С. 25 – 28.

84. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / А. В. Сикан // – СПб. : РГГМУ, 2007. – 326 с.

85. Сніжко С.І. Вплив напрямку та швидкості вітру на рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва /С.І. Сніжко, О.Г. Шевченко // Український гідрометеорологічний журнал, 2008. – №3. – С. 33-38.

86. Сонькин Л.Р. Метеорологические условия формирования интенсивного загрязнения воздуха в городах / Л. Р. Сонькин, Т. Н. Денисова // Труды ГГО, 1969. – Вып. 238. – С. 33-41.

87. Степаненко С.Н. Динамика турбулентно – циркуляционных процессов в нижнем слое атмосферы над Украиной / С.Н. Степаненко //– Одесса: Маяк, 1998. – 286 с.

88. Степаненко С.М. Метеорологічне забезпечення розрахунку перенесення атмосферних забруднюючих речовин над акваторією Чорного моря / С.М. Степаненко, А.М. Лужбін, С.В. Іванов // Матеріали ІІ звітної науково-технічної конференції науково-педагогічних працівників ОДЕКУ. – Одеса: Екологія, 2011. – 96 с.

89. Технические дела метеорологических станций востока Украины, ЦГО, 2005 г.

90. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У. Р. Клекка, М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд [пер. с англ.]. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

91. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро // М.: Мир, 1969. – 395 с.

92. Хоменко Г.В. Оценка эффективности объективного анализа атмосферных фронтов / Г.В. Хоменко // Метеорологія, кліматологія, гідрологія, 2008.-Вып. 50(ч.1). – С. 124 - 129.

93. Черный А. Экстремальные для авиации метеорологические условия над Донецким краем 22 августа 2006 г. / А. Черный // Метеорология и гидрология, 2007. – Вып. 5 – С. 37-46.

94. Шакина Н.П. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. Ч.1. Объективная характеристика фронтов, проведенных синоптиками /Н.П. Шакина, Г.Ю. Калугина, Е.Н., Скриптунова, А.Р.// Иванова // Метеорология и гидрология, 1998 .— Вып. 7. —С. 19-30.

95. Шакина Н.П. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. Ч.2. Объективное выделение зон фронтов / Н.П. Шакина, Г.Ю. Калугина, Е.Н., А.Р. Скриптунова // Метеорология и гидрология, 1998 .— Вып. 8. — С. 5-15.

96. Шакина Н.П. Спектр повторяемости осадков на территории Европейской части бывшего СССР в зависимости от интенсивности фронтальных зон и конвективной неустойчивости сеточного масштаба / Н.П. Шакина, Е.Н. Скриптунова // Метеорология и гидрология. –2006. – Вып. 4.–С. 5-18.

97. Швень Н.И. Особенности режима ветра на территории Украины и их связь с глобальными изменениями атмосферной циркуляции и другими факторами: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук: 25.00.30 / Швень Наталья Ивановна; Гос. учреждение „ГГО им. А. И. Воейкова”. – СПб, 2006. – 19 с.

98. Швень Н.И. Про вплив зміни методик спостережень на визначення напрямку та швидкості вітру на метеорологічній мережі України / Н.И. Швень // Наук. праці УкрНДГМІ, 2004. – Вып. 253. – С. 164-172.

99. Школяр Л.Ф. К вопросу об уменьшении скорости ветра за последние десятилетия / Л.Ф. Школяр // Труды ГГО, 1980. – Вып. 435. – С. 96-98.

100. Школьніий Є. П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / Є. П. Школьніий, І. Д. Лоева, Л. Д. Гончарова // – Одеса, 1999. – 600 с.

101. Шалыгина И.Ю. О связях загрязнения воздуха в Москве и метеорологических параметров по данным реанализа / И.Ю. Шалыгина // Труды ГМЦ РФ, 2008. – Вып. 342. – С. 79-87.

102. Юсупов Ю.И. К вопросу об оперативном прогнозе шквалов / Ю. И. Юсупов // Тр. ГМЦ РФ. –2008. –Вып. 342. –С. 55-78.

103. Юшков В.П. Средние профили скорости ветра в воздушном бассейне г. Москвы / В. П. Юшков, Р.Д. Кузнецов, М. А. Калистратова // Метеорология и гидрология, 2008. – Вып. 10. – С. 24-33.

104. Benney D.J. Long non-linear waves in fluid flows. – J. Math. and Phys., 1966. – V. 45. – P. 52-63.

105. Boehm R. Urban bias in temperature series – A case study for the city of Vienna / Boehm R // Clim. Change, 1998. – V. 38. – P. 113-128.

106. Brooks. C. Handbook of statistical methods in meeorology. / Brooks C. Carruthers N. // London, H. M, Stationery office, 1953. – P. 3-186.

107. Creswick W.S. Exsperiments in objective frontal contour analysis/ Creswick W. S //J. Appl. Meteor 1967. – V.6. – P.774-781.

108. Easterling D. R. A comparison of local and regional trends in surface and lower troposphere temperatures in western North Carolina / Easterling D.R., G. Goodge, M.J. Menne, C.N. Williams Jr., D. Levinson // Earth Interact, 2005. – V. 9. – P. 1-9.

109. Ivus G.P. Statistical analysis of the surface wind speed over Eastern Ukraine in the changing climate/ G.P Ivus, A.B. Semergei-Chumachenko, S.A Zubkovych // Global and regional climate change, 2010. –P. 17.

110. Ivus G. P. Conditions of formation of dangerous wind zones on the territory of Ukrane/ G. P. Ivus, S. A. Zubkovych, G. V. Khomenko, I. Kovalkov // European applied sciences.– 2014. – V № 10.–P.59-64.

111. Ivus G.P. To the question about typification of synoptic processes over the territory of Ukraine / G.P. Ivus, S.A. Zubkovych, E.V. Agayar, L.M.Gyrskaya // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. – April, 2015. – Vol. 3. № 1. – P.21-27.

112. Hansen J. A closer look at United States and global surface temperature change / Hansen J., R. Ruedy, M. Sato, M. Imhoff, W. Lawrence, D. Easterling, T. Peterson, T. Karl // J. Geophys. Res., 2001. – V. 106. – P. 947-963.

113. Hanstrum B. N. The coolseason tornado of California and southern Australia / Hanstrum B. N, Mills G.A., Watson A., Monteverdi J.P., Doswell S. A. // Weather and Forecasting 2002. - V. 17. №4. – P. 705-722.

114. Kolar M. Bodennahefeld der Luftströmung auf dem Gebiet der Stadt Brno / Kolar M. // Scr. fac. sci. natur UJEP brno, 1986. – 16. №8. – P. 405-413.

115. Long R.R. Solitary waves in the westerlies / Long R.R. // J. Atm. Sci., 1964. – V. 21. – P. 197-200.

116. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analog // J. Environ. Sci. Eng. – 2005. – 7. – P. 61-65.

117. Martazinova V. Long-range weather forecasting in the Ukraine / Martazinova V. Ivanova E. // 3rd European Conference on Application of meteorology. - Th. AGU FAL Meeting. - San-Francisco. – 2004. – P. 267-268.

118. Menne, M.J. On the reliability of the U.S. surface temperature record / Menne M.J., C.N. Williams Jr., M.A. Palecki // J. Geophys. Res., 2010. – V. 115. – 1108 p.

119. Menne M.J. Homogenization of temperature series via pairwise comparisons / Menne M.J., C.N. Williams Jr. // J. Clim., 2009. – V. 22. – P. 1700-1717.

120. Pamperin H. Nachtliche Grenzschicht and LLJ im Alpenvorland nahe dem Inntalausgang / Pamperin H., Stilke G. // Meteorol. Rdsch, 1985. – 38. № 5. – P. 145-156.

121. Peterson T.C. Examination of potential biases in air temperature caused by poor station locations / Peterson T.C. // Bull Am. Meteorol. Soc., 2006. – V. 87. – P. 1073-1080.
122. Peterson T. C. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data / Peterson, T. C., et al. // A review, Int. J. Climatol., 1998. – V. 18. – P. 1493-1517.
123. Quayle R.G. Effects of recent thermometer changes in the Cooperative Station Network / R.G. Quayle, D.R. Easterling, T.R. Karl, P.Y. Hughes // Bull. Am. Meteorol. Soc., 1991. – V. 72. – P. 1718-1723.
124. Schroeder TA. Characteristics of local winds in northwest Hawaii / Schroeder TA. // Journal of Applied Meteorology, 1981. – V. 20. – P. 874-881.
125. Storm B. Evaluation of the weather research and forecasting model on forecasting low-level jets: implications for wind energy / Storm B., Dudhia., Basy S., Swift A., Giammanco D) // Wind Energy, 2008. – www.interscience.wiley.com.
126. Singer LA. Steadiness of the wind./ Singer // - Journal of Applied Meteorology, 1967. – V. 6. - Pp 1033-1038.
127. Syono S. On frequency Distributions of Wind Speed and Direction in Turbulent Flow./ Syono S., Tanaka H. // Collected Meteorological Papers, 1966/ - V. 14.- №146.- P. 830-845.
128. Tapp R.G. Patters of weak, near-surface winds at Melbourne, Australia. Boundary Layer Meteorol, 1985. – 33. №4. – P. 397-414.
129. Vose R.S. A method to determine station density requirements for climate observing networks / Vose, R.S., Menne M.J. // J. Clim., 2004. – V. 17. – P. 2961-2971.
130. Vose R.S. An evaluation of the time of observation bias adjustment in the U.S. Historical Climatology Network / Vose R.S., C.N. Williams Jr., T.C. Peterson, T.R. Karl, D.R. Easterling – Geophys. Res. Lett., 2003. – 2046 p.
131. Wieringe J Representativeness of wind observations of airports./ Wieringe J. // Bull Amer. Soc, 1980.- V. 61. - P.965-971.

132. World Meteorological Organization. Weather, Climat, Water, Hazard. Режим доступа: www.wmo.int/worldmetday/sites/default/files/hazards_wmd.pdf
133. Windity: weather forecast. Режим доступа: www.windyty.com
134. Agroelement, Природные зоны Украины, Режим доступа: <http://agroelement.com/soil-zones-of-ukraine/>
135. Independent Statistics and Analysis, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. Режим доступа: <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>
136. World Meteorological Organization. L.1119. The Global climate 2001-2010 year a decade of climate extremes: summary report. Режим доступа: http://www.unep.org/pdf/wmo_report.pdf
137. Climatic Research Unit, Data. University of East Anglia/ Режим доступа: www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/
138. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX-начале XXI века. Кононова Н.К., Институт географии РАН. Режим доступа: www.atmospheric-circulation.ru
139. Earth: Current Wind Surface- a visualization of global weather conditions. Режим доступа: <http://earth.nullschool.net/>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица А. 1

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Днепропетровск - АМСГ. Январь, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	10,6	11,0	10,0	10,6	12,6	11,0	10,6	9,4	10,7
СВ	11,3	11,9	10,6	8,7	9,7	10,0	10,3	10,0	10,3
В	9,4	8,7	10,3	9,4	8,4	10,0	9,4	9,7	9,4
ЮВ	10,6	9,0	10,0	10,6	7,4	8,7	8,1	9,0	9,2
Ю	10,3	12,3	14,2	11,9	11,9	11,3	14,2	14,8	12,6
ЮЗ	13,9	12,9	11,9	14,8	14,8	14,5	12,3	12,3	13,4
З	17,1	16,8	14,2	13,5	17,1	16,8	14,8	17,1	15,9
СЗ	8,7	8,7	9,7	10,6	11,0	10,0	10,6	9,0	9,8

Таблица А. 2

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Донецк - АМСГ. Январь, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	5,7	5,0	5,7	3,9	6,5	5,7	4,7	5,4	5,3
СВ	9,0	10,4	8,6	8,2	8,2	7,2	8,6	7,9	8,5
В	10,4	11,5	11,8	11,8	11,8	12,5	9,7	11,8	11,4
ЮВ	16,1	14,7	17,2	17,2	13,3	11,8	13,6	15,1	14,9
Ю	9,3	8,2	8,6	8,2	7,5	10,4	11,5	11,1	9,4
ЮЗ	14,3	16,5	14,7	15,1	16,1	16,8	15,1	16,1	15,6
З	16,1	14,3	13,3	15,8	18,6	15,1	17,2	15,1	15,7
СЗ	6,8	6,5	6,8	11,5	11,8	7,2	5,7	5,7	7,8

Таблица А. 3

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Луганск - АМСГ. Январь, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	0,7	2,9	1,1	2,2	4,7	3,9	1,4	1,4	2,3
СВ	2,2	3,9	3,2	2,9	1,4	2,9	1,1	1,8	2,4
В	16,5	17,6	19,0	16,8	19,7	16,8	17,6	15,1	17,4
ЮВ	13,6	13,6	11,8	12,5	11,1	13,3	13,3	13,3	12,8
Ю	7,2	9,7	6,5	9,7	8,2	10,0	10,8	11,5	9,2
ЮЗ	13,3	11,1	13,3	12,2	16,5	13,6	10,8	11,5	12,8
З	21,5	21,5	23,7	23,7	19,4	19,4	24,0	20,8	21,7
СЗ	8,2	7,5	7,5	10,4	10,4	9,3	7,9	9,7	8,9

Таблица А. 4

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Харьков - АМСГ. Январь, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	7,7	6,8	6,8	6,5	6,1	5,2	6,5	6,1	6,5
СВ	5,8	6,8	6,1	5,2	6,1	6,5	5,5	6,5	6,0
В	10,6	12,6	11,6	12,3	12,9	12,6	12,6	11,3	12,1
ЮВ	10,6	9,7	12,6	11,9	9,0	12,9	13,2	11,6	11,5
Ю	11,0	9,4	10,3	13,9	11,9	9,7	6,8	10,6	10,4
ЮЗ	16,5	16,5	14,8	13,9	14,8	15,5	16,8	15,5	15,5
З	13,9	13,9	13,2	15,5	18,4	20,3	21,0	18,4	16,8
СЗ	8,4	8,7	9,4	10,0	10,0	8,1	6,5	5,8	8,3

Таблица А. 5

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Днепропетровск - АМСГ. Апрель, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	11,0	12,3	9,7	10,3	8,0	12,7	10,3	8,3	10,3
СВ	13,0	16,7	13,0	10,3	12,0	11,0	14,3	13,0	12,9
В	17,0	14,0	18,3	22,3	19,7	17,0	19,3	16,7	18,0
ЮВ	8,7	10,7	12,3	12,3	12,7	12,0	7,7	10,3	10,8
Ю	11,7	9,0	12,3	13,7	14,7	14,3	12,0	12,0	12,5
ЮЗ	9,0	10,3	11,7	11,3	11,0	8,7	10,7	10,3	10,4
З	10,3	9,3	11,0	10,3	11,3	13,7	7,3	12,7	10,8
СЗ	6,0	3,0	4,3	4,3	6,3	7,3	6,7	5,7	5,5

Таблица А. 6

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Донецк - АМСГ. Апрель, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	4,1	4,8	7,8	8,9	10,0	9,3	5,9	4,8	6,9
СВ	9,3	12,6	9,3	7,0	8,5	8,1	11,1	7,4	9,2
В	20,4	21,1	24,4	25,9	21,9	20,7	20,0	23,3	22,2
ЮВ	17,8	18,5	18,9	17,4	12,6	13,0	11,1	13,3	15,3
Ю	8,1	8,9	6,7	8,9	10,7	13,7	13,0	10,4	10,0
ЮЗ	13,7	12,6	10,7	11,5	9,6	8,9	9,3	11,9	11,0
З	7,0	4,4	10,4	12,2	15,2	14,1	8,1	5,2	9,6
СЗ	3,0	1,9	3,7	4,4	7,4	6,3	4,8	3,0	4,3

Таблица А. 7

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Луганск - АМСГ. Апрель, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	4,4	4,4	6,7	6,3	9,6	4,4	3,3	4,4	5,5
СВ	3,0	1,9	3,3	5,9	6,3	5,9	4,4	2,6	4,2
В	30,0	30,4	34,1	30,7	27,8	28,9	27,0	31,9	30,1
ЮВ	9,6	8,5	11,1	12,6	14,8	13,0	13,7	8,1	11,4
Ю	8,1	5,6	8,1	10,7	8,1	14,1	13,7	6,3	9,4
ЮЗ	3,7	5,6	4,8	10,7	10,4	9,6	8,5	6,3	7,5
З	12,6	14,1	13,0	13,3	13,3	10,0	14,4	13,0	13,0
СЗ	8,5	8,1	9,6	8,5	8,5	11,5	5,6	8,1	8,6

Таблица А. 8

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Харьков - АМСГ. Апрель, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	12,7	11,3	9,3	10,7	9,7	10,3	10,7	9,7	10,5
СВ	9,0	8,7	9,7	9,3	11,0	10,3	12,3	13,0	10,4
В	26,3	22,3	21,0	23,3	18,7	20,0	28,3	25,7	23,2
ЮВ	9,7	8,3	16,7	13,7	14,0	12,0	7,7	11,7	11,7
Ю	5,0	4,7	8,3	11,7	10,3	9,3	5,3	4,0	7,3
ЮЗ	7,0	7,7	7,3	11,0	11,0	9,3	7,7	7,3	8,5
З	7,0	7,0	9,3	9,7	13,7	12,0	9,0	6,7	9,3
СЗ	6,0	5,7	4,3	6,3	6,0	9,7	4,0	4,3	5,8

Таблица А. 9

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Днепропетровск - АМСГ. Июль, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	21,3	20,3	19,4	22,3	22,3	21,6	16,8	21,3	20,6
СВ	21,3	21,9	21,0	17,4	16,8	15,8	18,7	15,5	18,5
В	6,8	7,4	9,7	14,2	12,6	14,5	17,7	11,6	11,8
ЮВ	6,1	7,4	7,1	6,1	7,7	5,8	4,2	5,5	6,3
Ю	5,5	3,9	7,1	6,8	4,8	7,1	4,8	5,5	5,7
ЮЗ	6,8	4,5	6,8	9,4	7,7	4,2	4,5	5,5	6,2
З	13,9	15,8	12,3	10,3	12,9	11,0	10,3	12,3	12,3
СЗ	4,2	3,2	5,8	9,7	11,6	14,8	10,0	5,8	8,1

Таблица А. 10

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Донецк - АМСГ. Июль, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	4,5	5,8	9,4	9,7	13,5	14,5	8,7	3,5	8,7
СВ	15,5	19,0	16,1	18,7	16,8	18,4	19,7	21,3	18,2
В	18,4	16,1	21,3	15,5	16,1	11,6	14,2	14,8	16,0
ЮВ	8,1	11,6	13,9	11,6	6,8	9,4	7,4	7,1	9,5
Ю	5,8	3,9	3,5	7,4	7,4	8,1	7,4	6,8	6,3
ЮЗ	9,7	8,1	6,5	6,1	5,2	5,5	5,8	6,8	6,7
З	6,1	7,1	12,9	14,5	17,7	13,2	9,4	7,4	11,0
СЗ	2,6	1,9	9,7	10,6	10,3	12,6	4,8	2,9	6,9

Таблица А. 11

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Луганск - АМСГ. Июль, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	2,6	1,3	6,1	10,6	10,0	12,6	2,9	1,6	6,0
СВ	2,9	3,9	5,2	9,0	10,0	10,6	7,1	3,5	6,5
В	16,1	17,4	31,9	28,4	25,5	27,4	26,5	21,3	24,3
ЮВ	5,5	6,1	7,4	8,7	10,0	7,4	3,9	7,4	7,1
Ю	4,5	2,9	6,5	10,6	6,1	7,1	7,7	5,2	6,3
ЮЗ	2,9	2,6	2,9	6,8	5,5	6,8	5,8	5,2	4,8
З	18,4	16,5	13,5	9,0	12,9	10,6	16,5	18,1	14,4
СЗ	13,5	11,0	14,5	15,2	17,7	14,2	11,3	8,4	13,2

Таблица А. 12

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Харьков - АМСГ. Июль, 1997-2012 гг.**

Направление	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	14,2	16,5	10,3	10,0	12,9	15,2	13,9	13,5	13,3
СВ	9,4	6,8	15,2	14,8	12,9	11,0	17,1	13,2	12,5
В	7,7	8,1	13,2	18,1	13,5	17,4	11,0	9,0	12,3
ЮВ	4,5	6,8	10,0	8,4	8,7	7,4	5,5	5,5	7,1
Ю	2,6	1,9	7,7	8,1	10,3	7,1	4,8	2,9	5,7
ЮЗ	3,5	2,9	5,8	6,8	8,1	7,7	4,2	3,2	5,3
З	12,9	10,6	11,3	15,5	16,1	13,2	8,7	10,0	12,3
СЗ	10,3	11,6	8,1	8,1	10,0	13,2	11,6	10,0	10,4

Таблица А. 13

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Днепропетровск - АМСГ. Октябрь, 1997-2012 гг.**

Направление ветра	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	12,6	13,9	11,6	11,3	12,3	12,3	11,0	12,9	12,2
СВ	12,3	16,5	12,6	12,6	12,9	12,9	14,2	13,9	13,5
В	14,2	11,6	14,8	14,2	12,9	13,9	12,6	14,2	13,5
ЮВ	9,4	7,4	9,4	10,3	8,7	7,1	10,3	7,4	8,8
Ю	10,0	10,6	11,9	13,2	11,6	13,2	13,2	11,9	12,0
ЮЗ	9,4	10,6	8,7	9,7	10,6	5,5	4,5	6,1	8,1
З	15,2	14,2	15,2	16,1	17,1	11,6	14,2	13,2	14,6
СЗ	7,7	6,1	6,5	10,3	11,3	13,9	9,7	9,7	9,4

Таблица А. 14

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Донецк - АМСГ. Октябрь, 1997-2012 гг.**

Направление ветра	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	9,0	8,1	8,7	9,0	9,4	8,1	9,4	5,8	8,4
СВ	10,0	11,6	12,3	9,7	11,0	13,9	9,0	9,7	10,9
В	16,8	15,2	16,1	18,1	15,2	13,9	17,1	17,7	16,3
ЮВ	12,9	13,5	15,5	13,5	13,2	10,0	11,6	12,9	12,9
Ю	9,4	9,0	9,7	10,6	9,7	11,9	12,6	10,3	10,4
ЮЗ	8,7	9,4	10,6	10,6	10,3	4,2	6,1	9,4	8,7
З	11,3	8,7	11,0	13,9	17,1	14,8	10,6	11,0	12,3
СЗ	7,1	6,1	6,1	10,3	9,7	10,0	7,4	6,5	7,9

Таблица А. 15

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Луганск - АМСГ. Октябрь, 1997-2012 гг.**

Направление ветра	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	3,5	5,5	4,2	7,7	6,5	6,5	3,2	2,9	5,0
СВ	3,2	3,5	4,8	6,5	6,1	5,8	3,9	3,9	4,7
В	27,7	26,8	26,8	24,8	24,2	27,7	30,3	27,1	26,9
ЮВ	7,1	8,4	5,5	10,0	10,0	7,4	8,1	8,4	8,1
Ю	6,8	4,8	6,1	8,4	10,6	12,6	7,1	6,1	7,8
ЮЗ	4,8	4,2	6,1	11,9	9,0	8,4	6,8	5,2	7,1
З	18,7	19,7	19,0	16,8	16,5	13,2	18,4	16,1	17,3
СЗ	10,0	9,7	11,3	10,3	14,8	11,6	8,1	11,0	10,8

Таблица А. 16

**Повторяемость (%) направлений ветра по разным срокам
Харьков - АМСГ. Октябрь, 1997-2012 гг.**

Направление ветра	Сроки наблюдений UTC								
	00	03	06	09	12	15	18	21	сутки
С	11,6	11,9	10,3	9,7	8,7	12,9	10,3	10,3	10,7
СВ	6,5	7,1	6,8	8,4	8,4	9,4	9,7	7,7	8,0
В	12,3	11,9	12,6	11,6	11,6	10,6	12,9	13,5	12,1
ЮВ	9,7	10,3	15,2	13,5	11,3	11,6	15,5	11,9	12,4
Ю	9,7	9,4	8,1	12,9	11,9	9,7	7,4	9,0	9,8
ЮЗ	7,4	8,7	11,0	13,5	12,9	11,3	7,7	7,4	10,0
З	10,3	11,3	11,3	14,8	18,1	12,3	10,6	10,6	12,4
СЗ	11,0	7,7	6,8	8,4	11,9	10,3	8,4	10,0	9,3

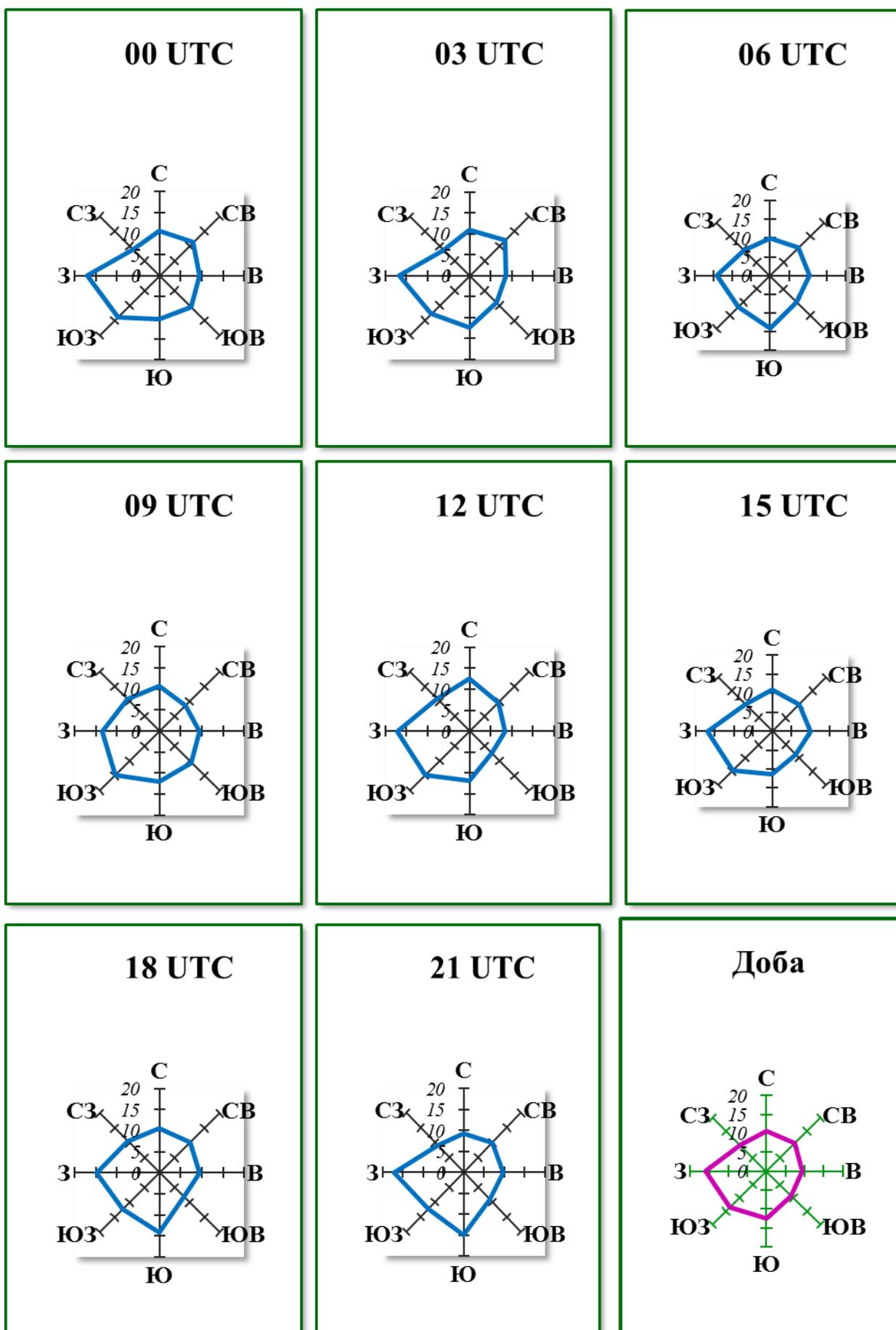


Рис. А.1. Розы ветров на ст. Днепропетровск. Январь.1997-2012 гг.

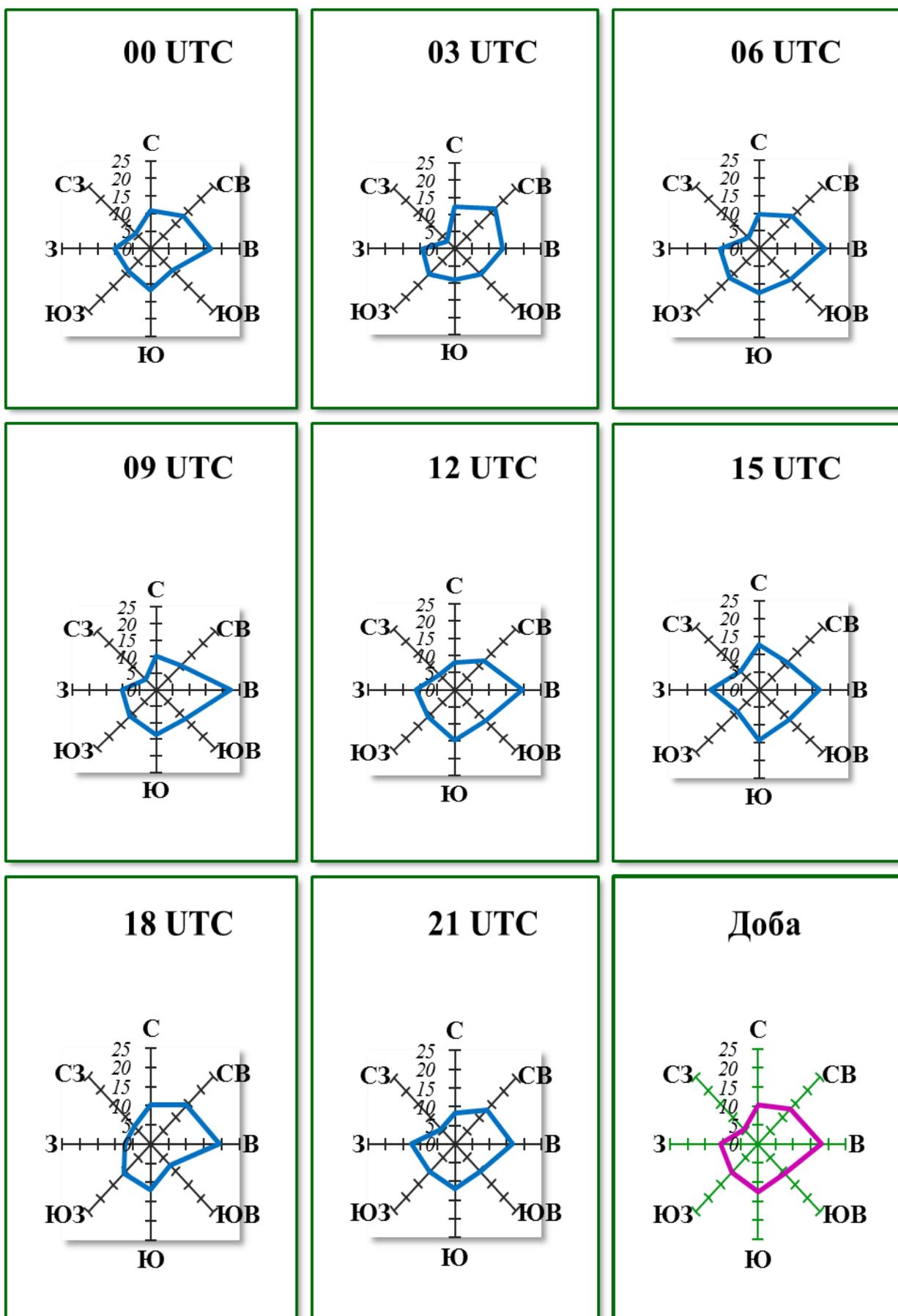


Рис. А.2. Розы ветров на ст. Днепропетровск. Апрель.1997-2012 гг.

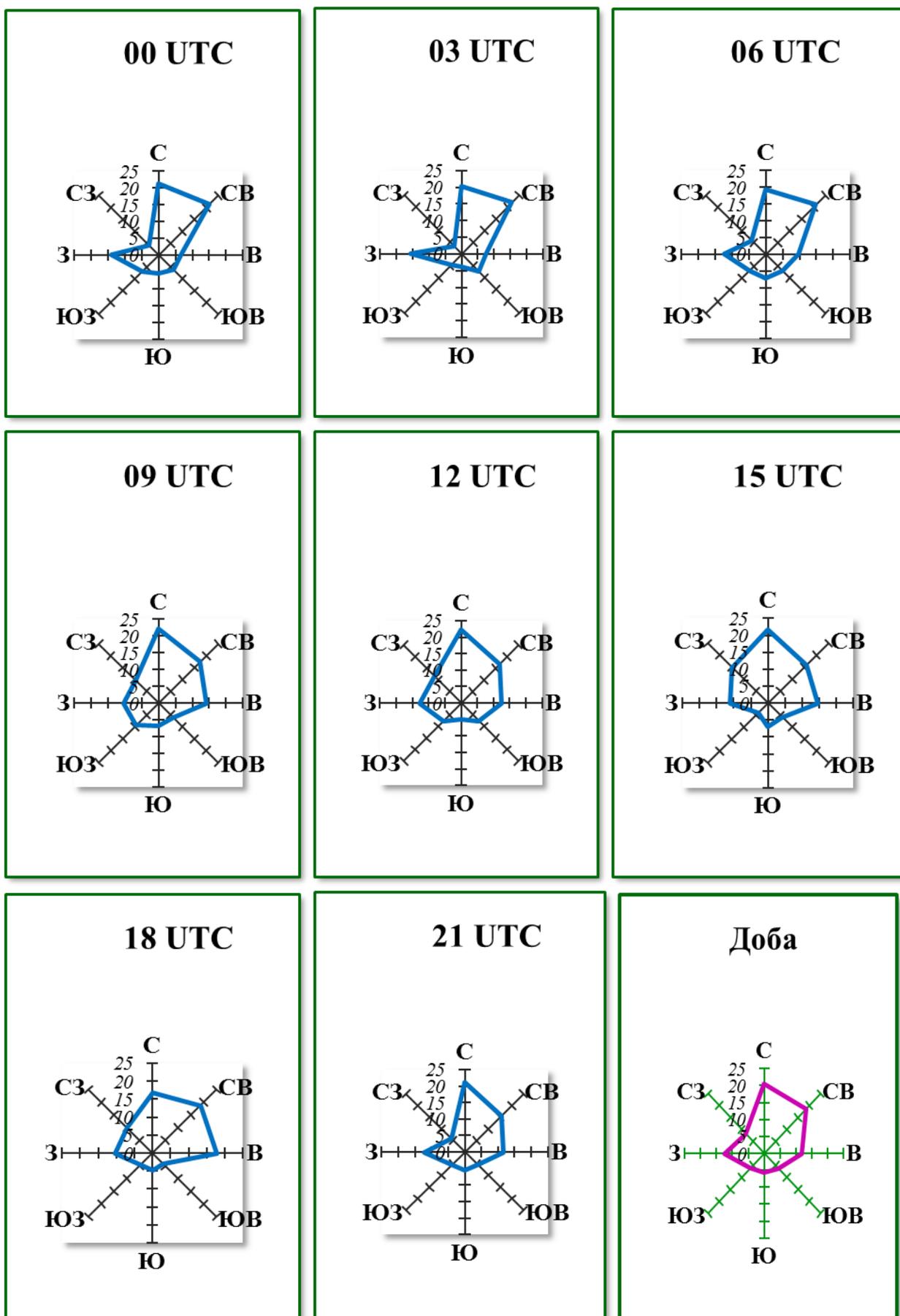


Рис. А.3. Розы ветров на ст. Днепропетровск. Июль.1997-2001гг.

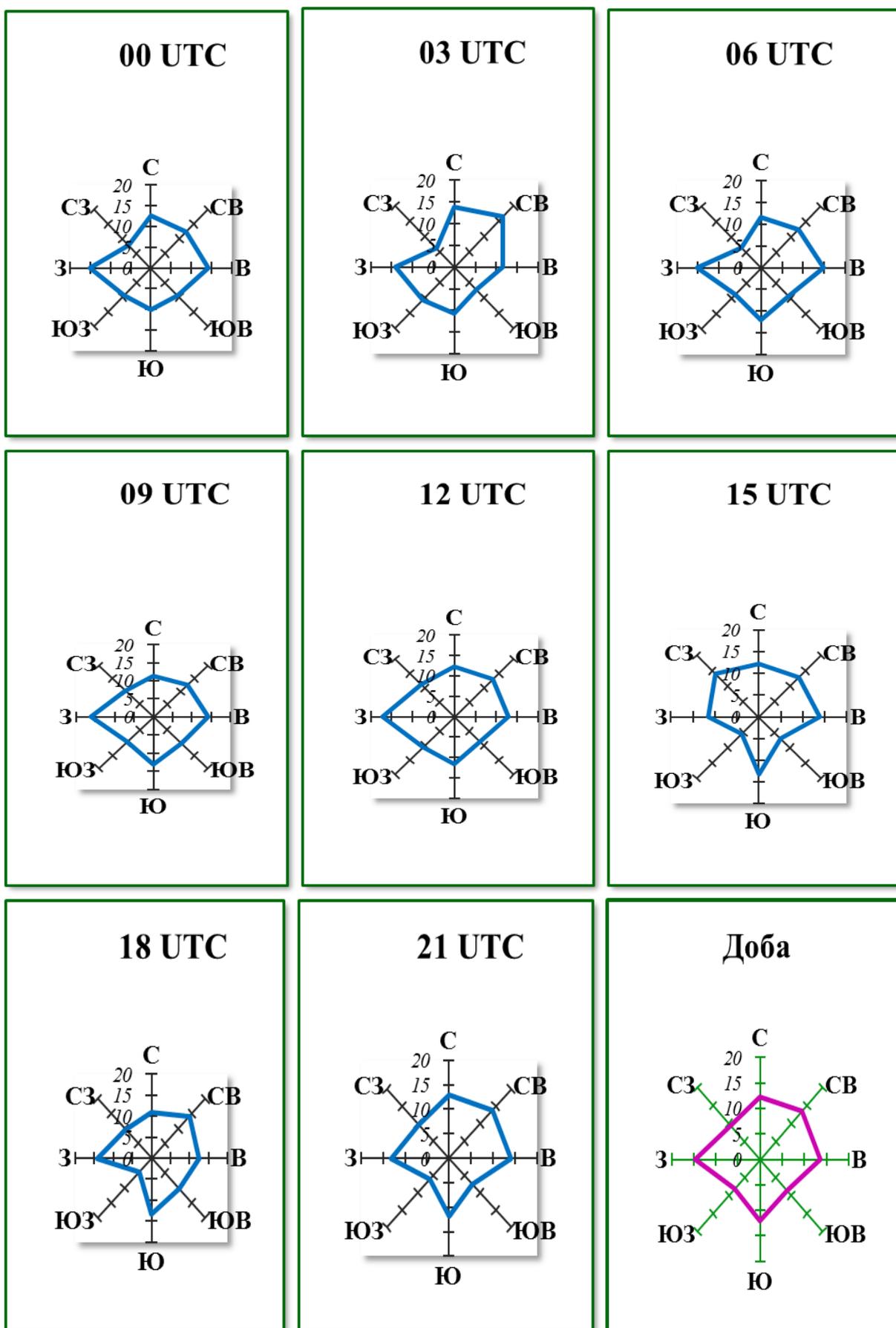


Рис. А.4. Розы ветров на ст. Днепропетровск. Октябрь.1997-2012 гг.

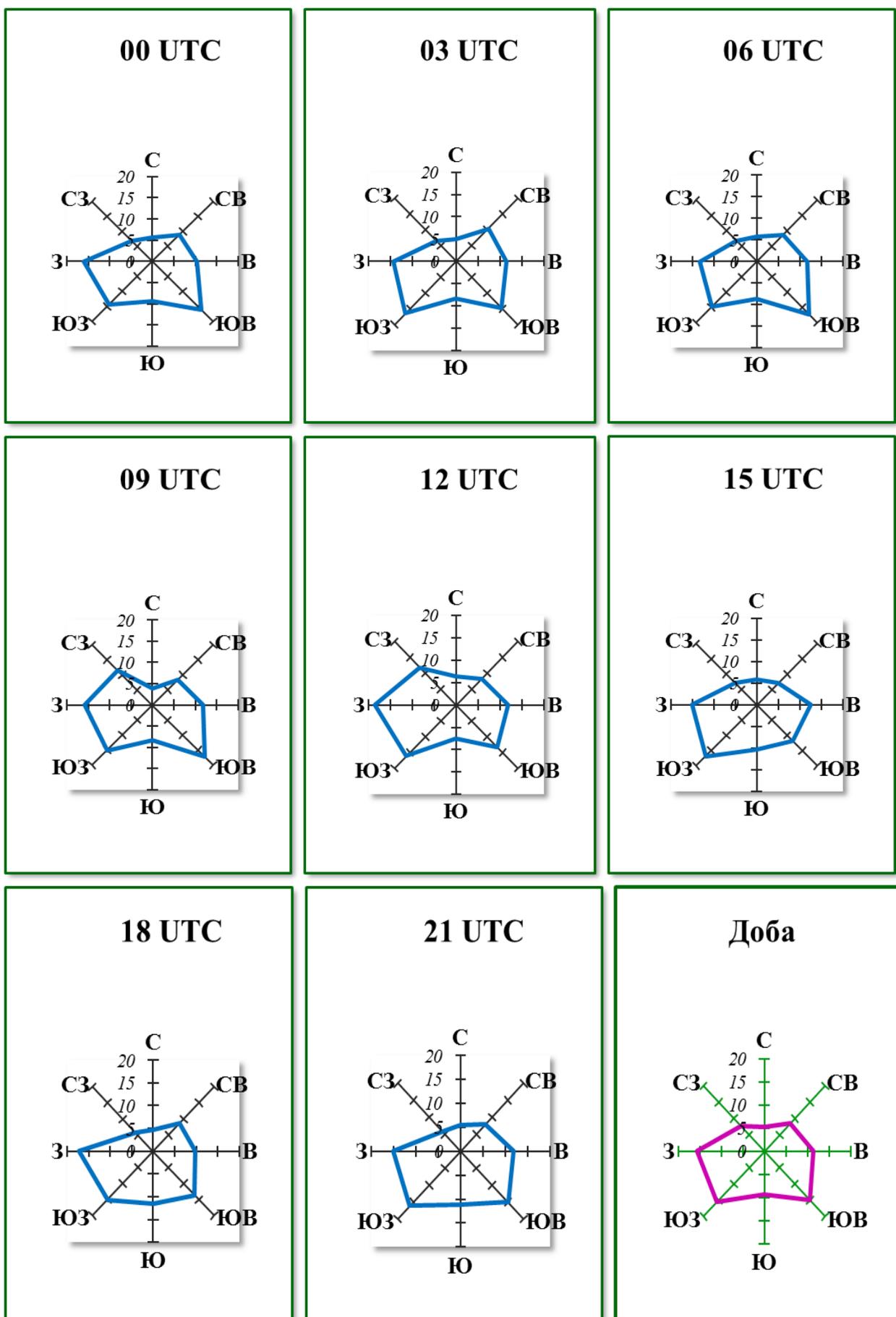


Рис. А. 5. Розы ветров на ст. Донецк. Январь.1997-2012 гг.

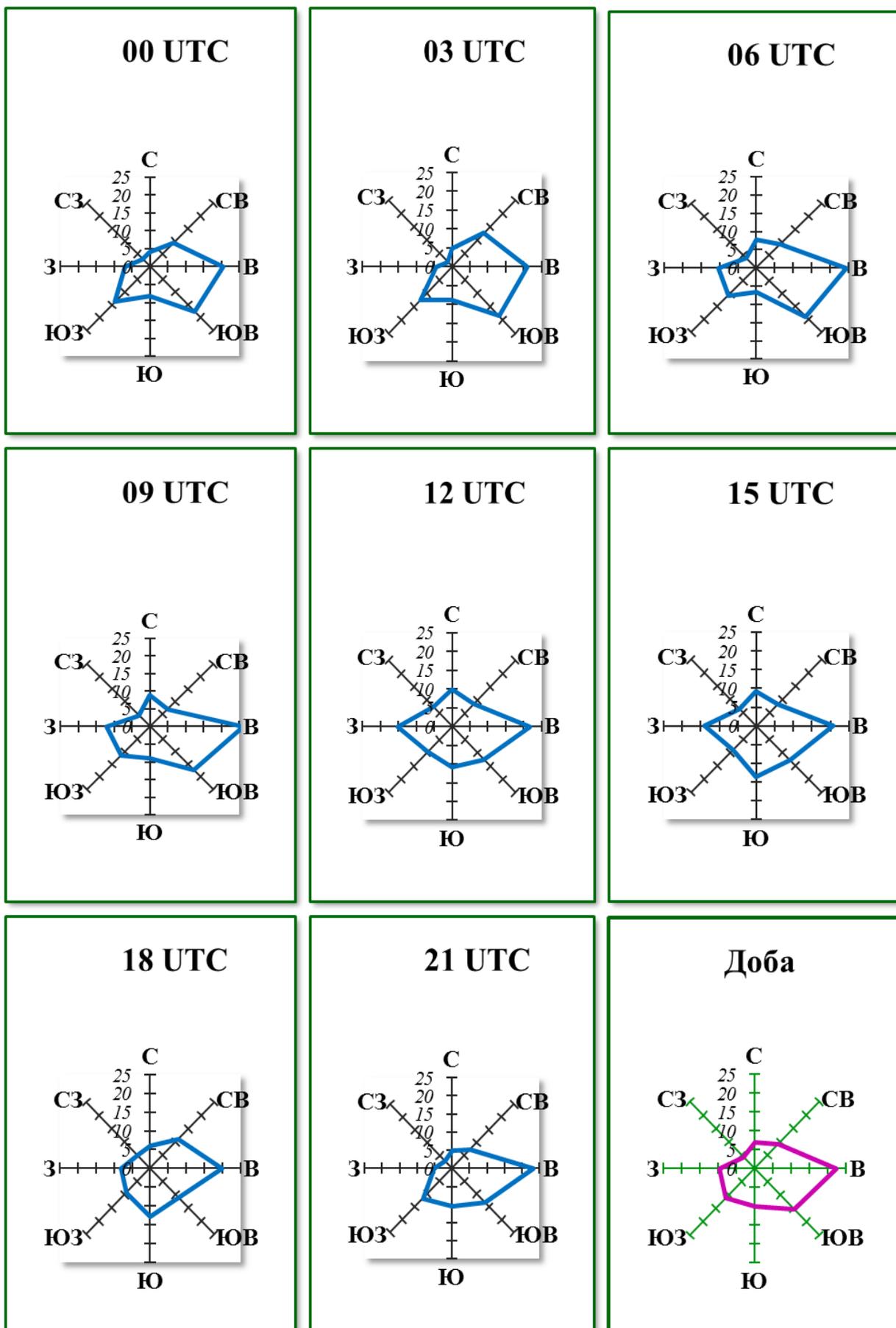


Рис. А6. Розы ветров на ст. Донецк. Апрель.1997-2012 гг.

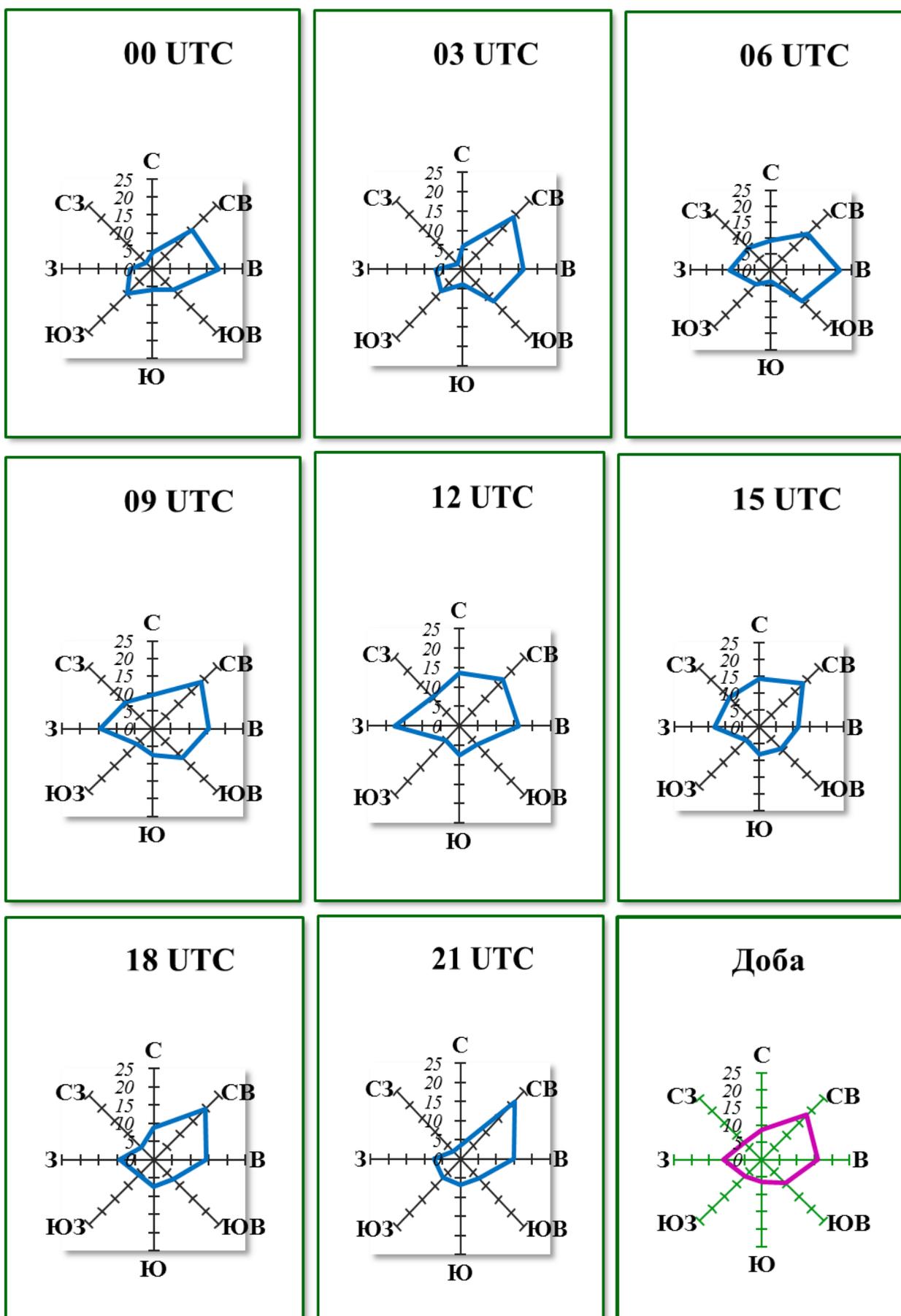


Рис. А.7 Розы ветров на ст. Донецк. Июль.1997-2012 гг.

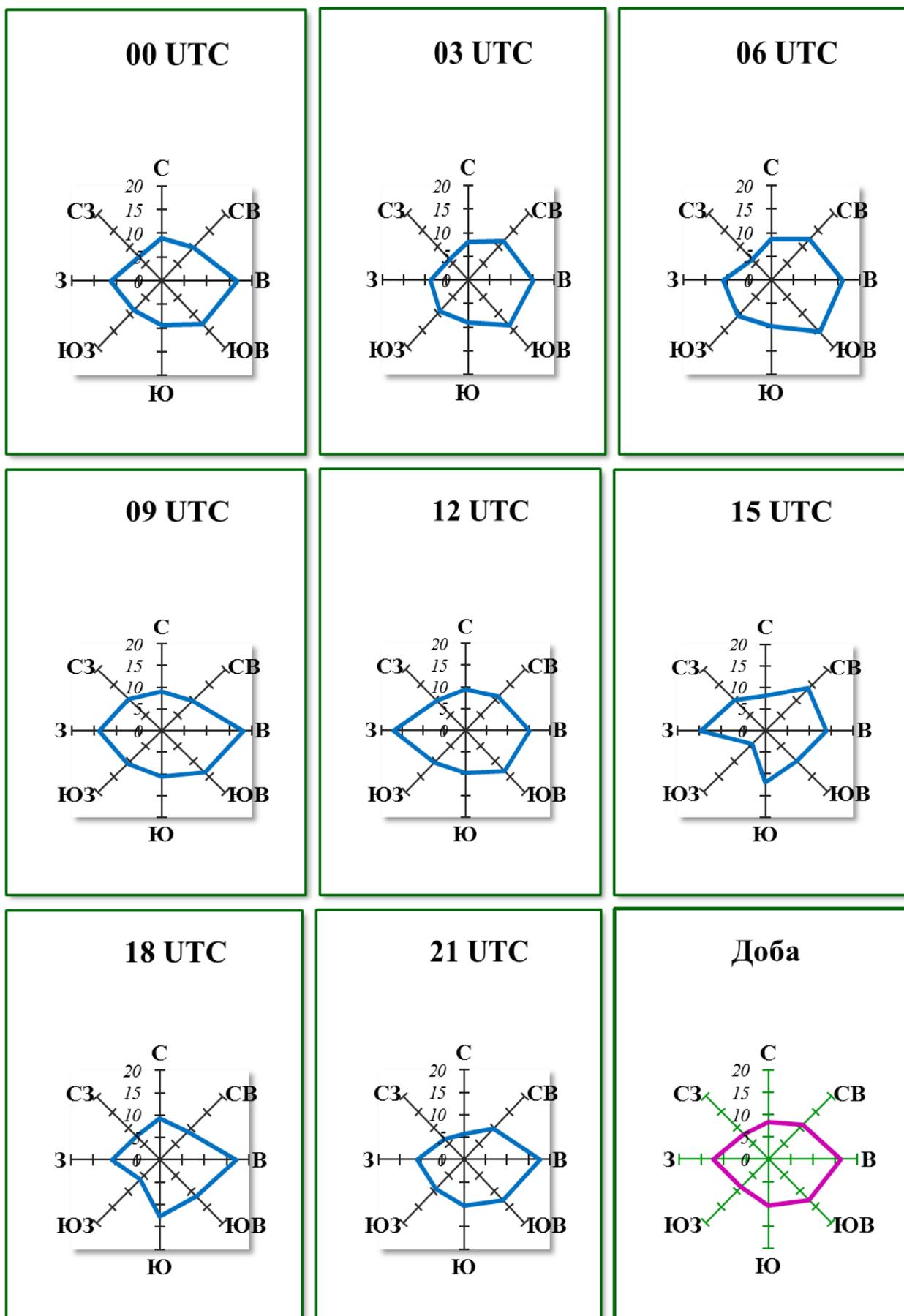


Рис. А.8. Розы ветров на ст. Донецк. Октябрь.1997-2012 гг.

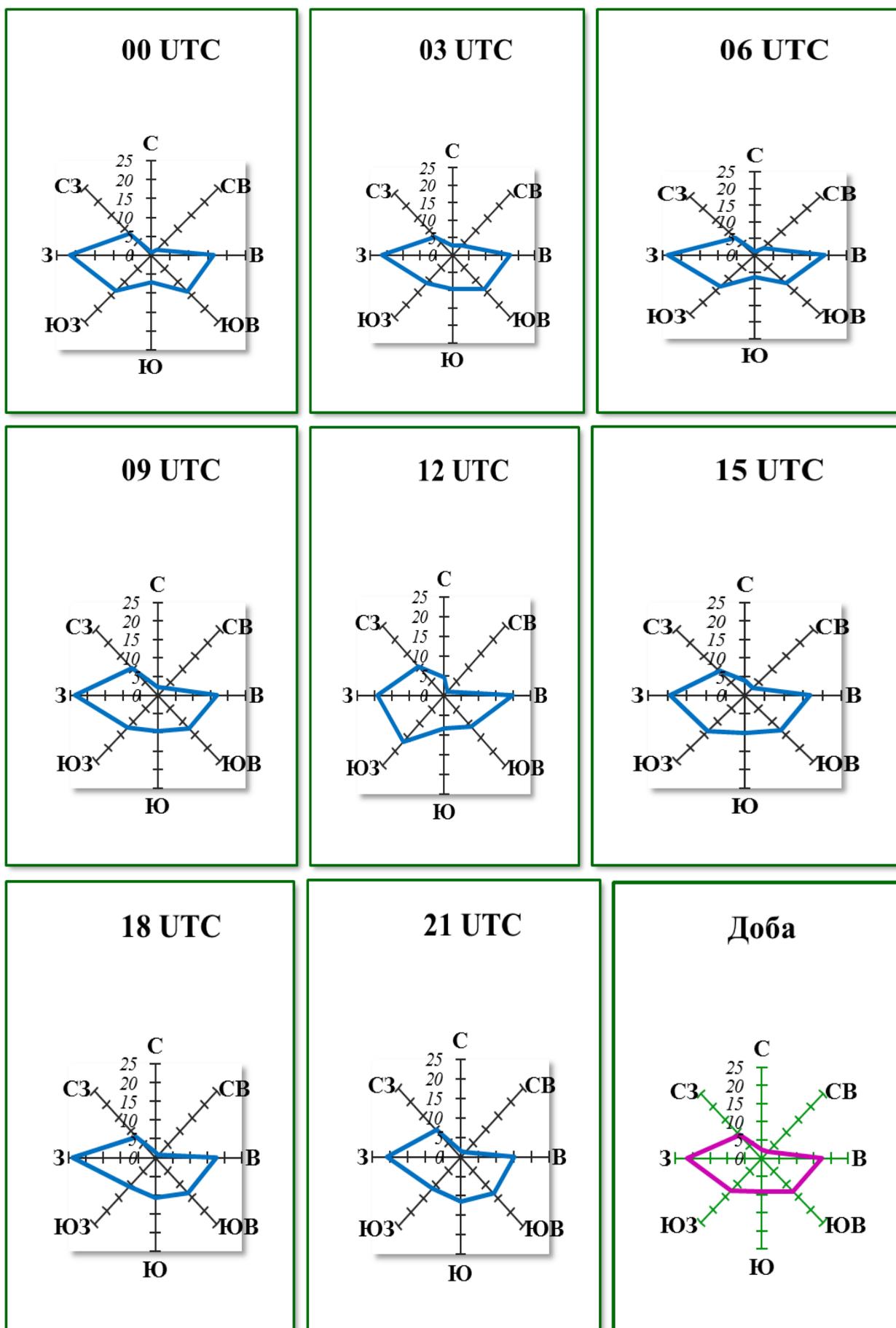


Рис. А. 9. Розы ветров на ст. Луганск. Январь.1997-2012 гг.

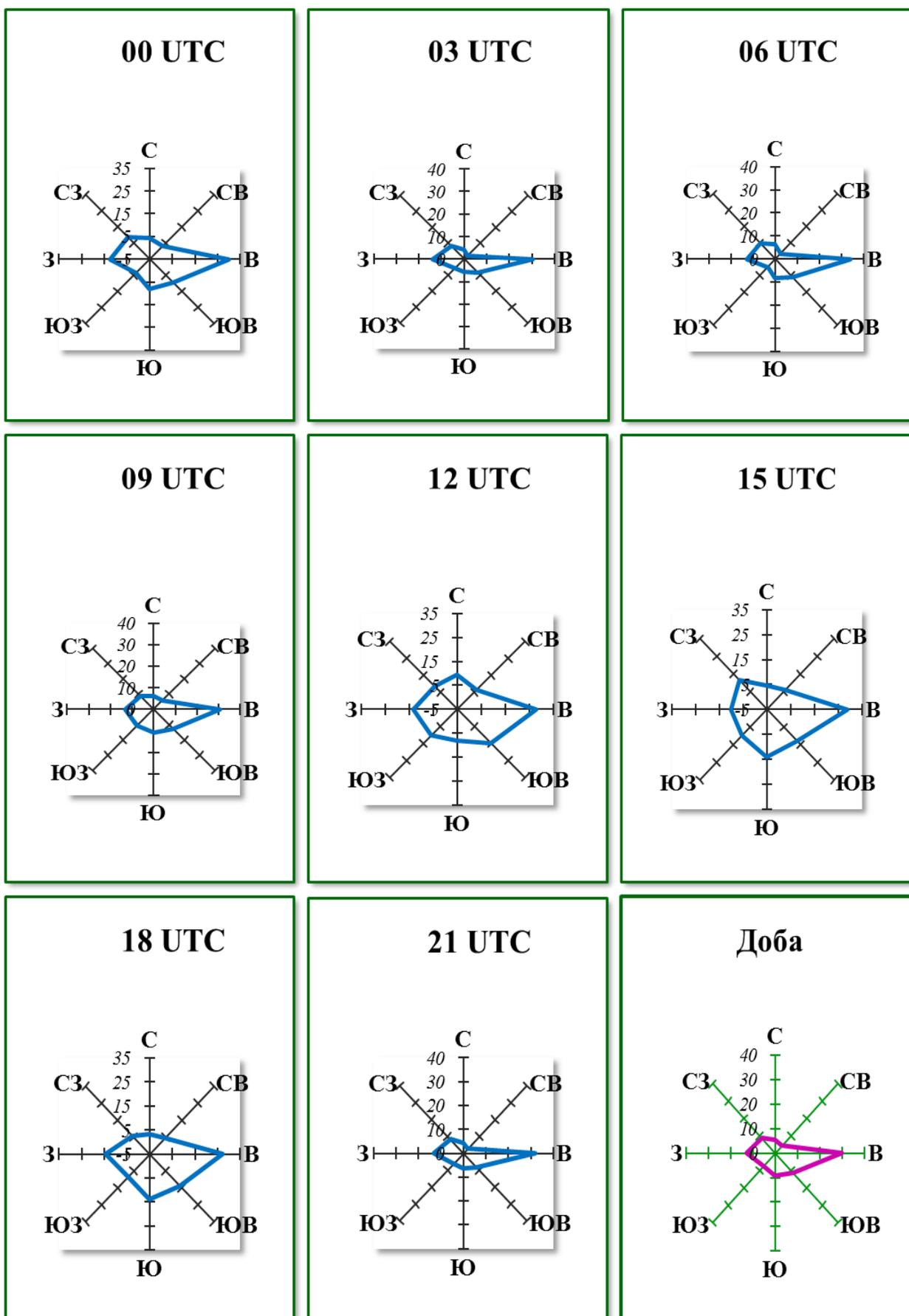


Рис. А. 10. Розы ветров на ст. Луганск. Апрель.1997-2012 гг.

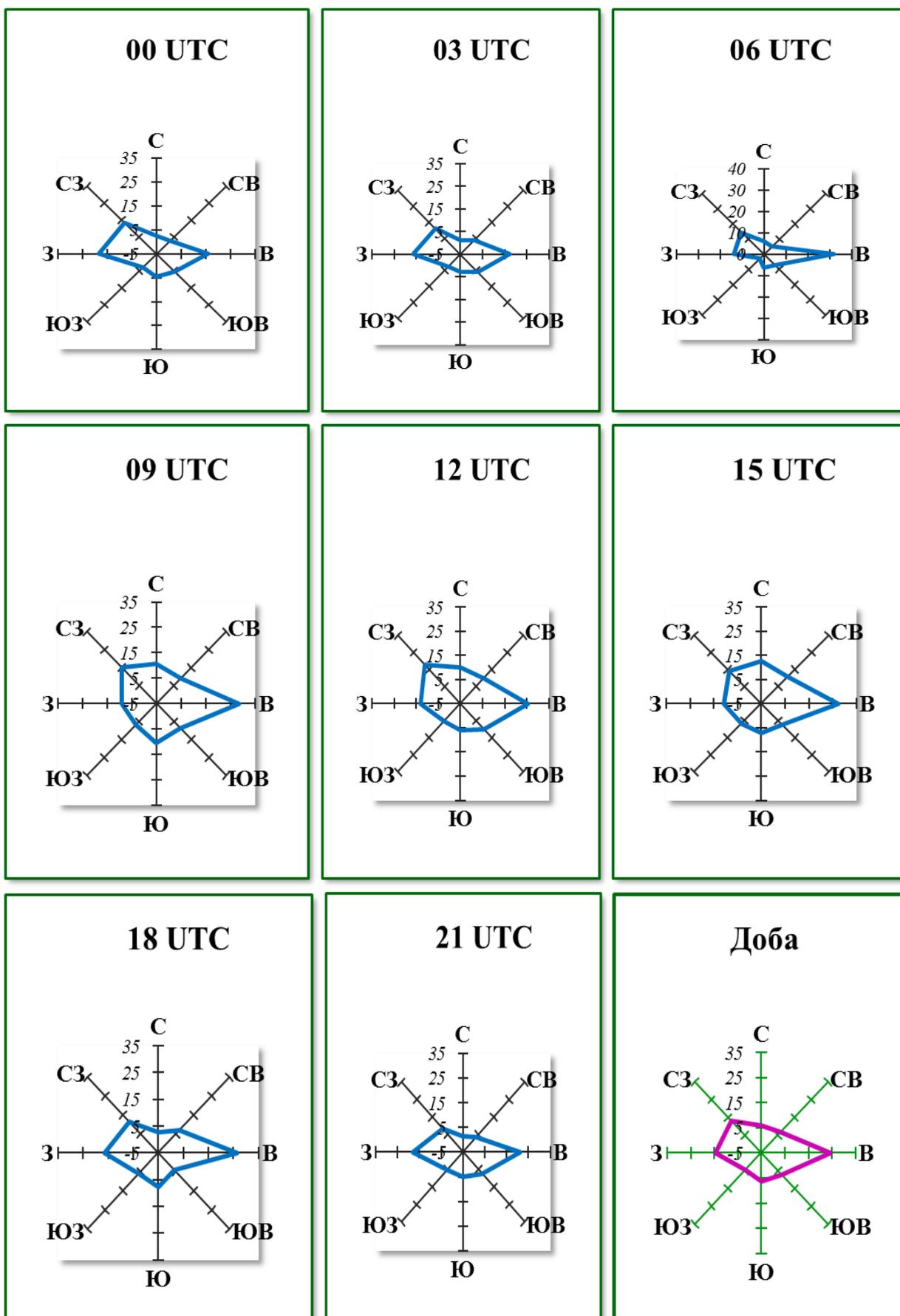


Рис. А.11. Розы ветров на ст. Луганск. Июль.1997-2012 гг.

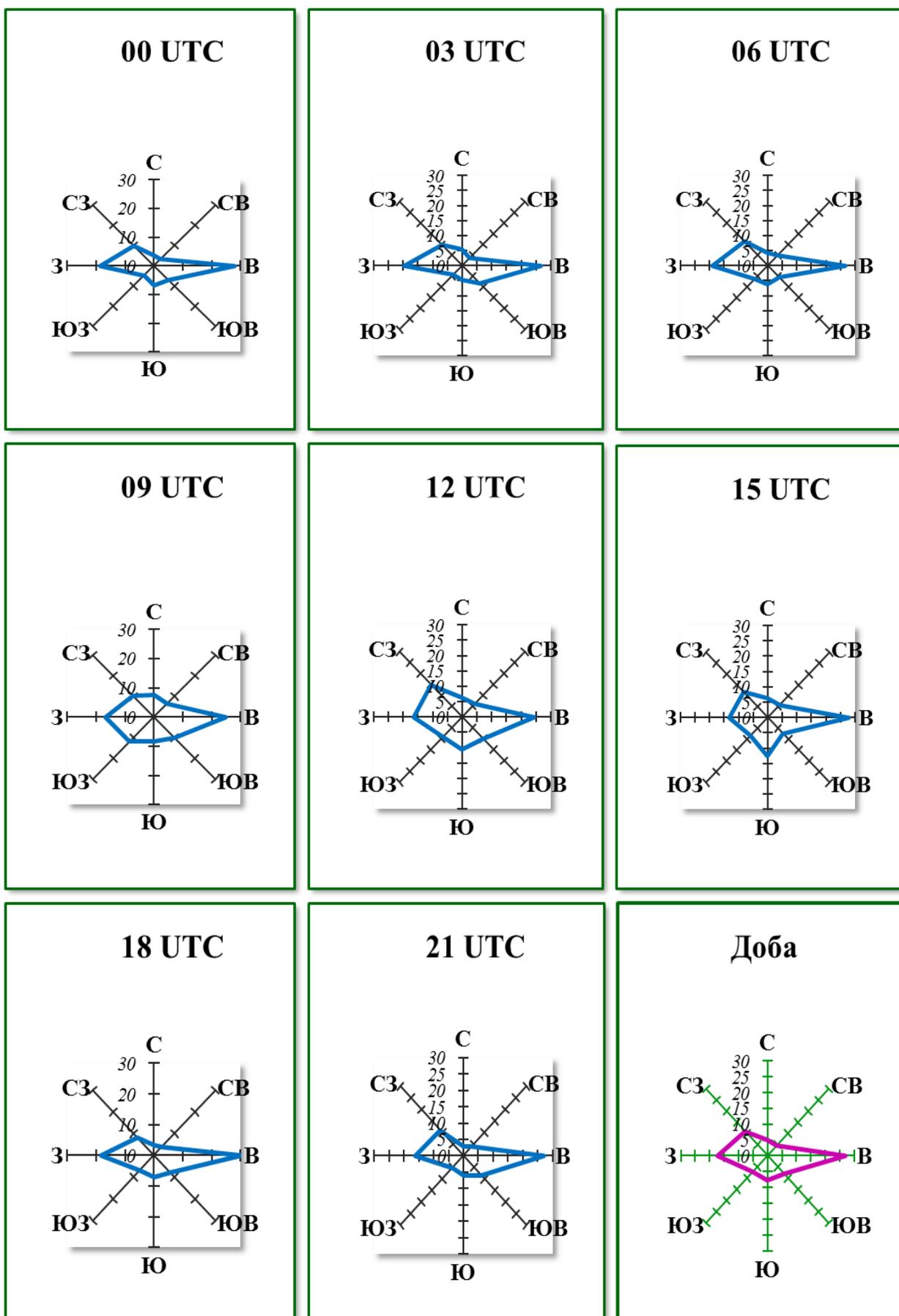


Рис. А. 12. Розы ветров на ст. Луганск. Октябрь.1997-2012 гг.

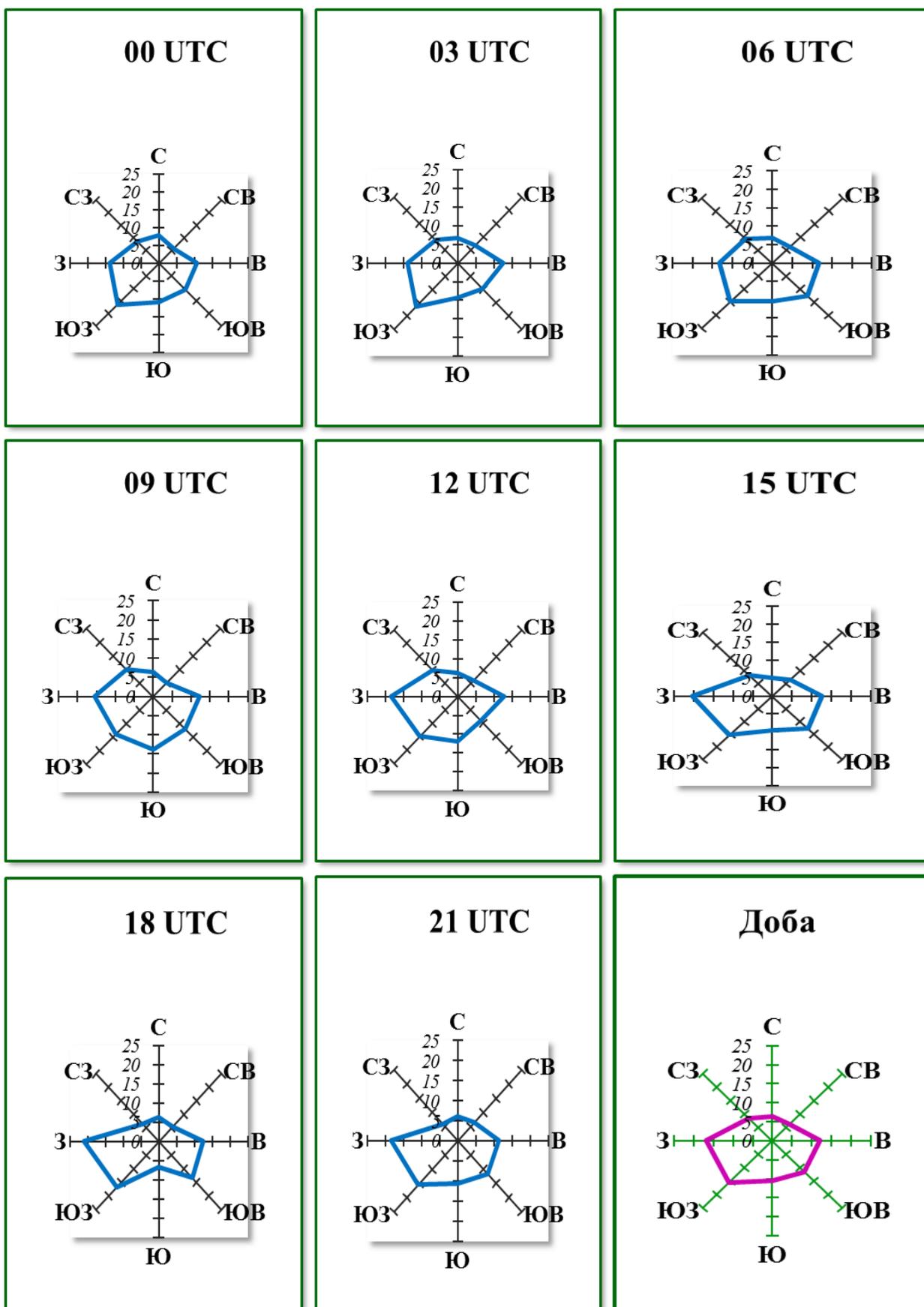


Рис. А. 13. Розы ветров на ст. Харьков. Январь.1997-2012 гг.

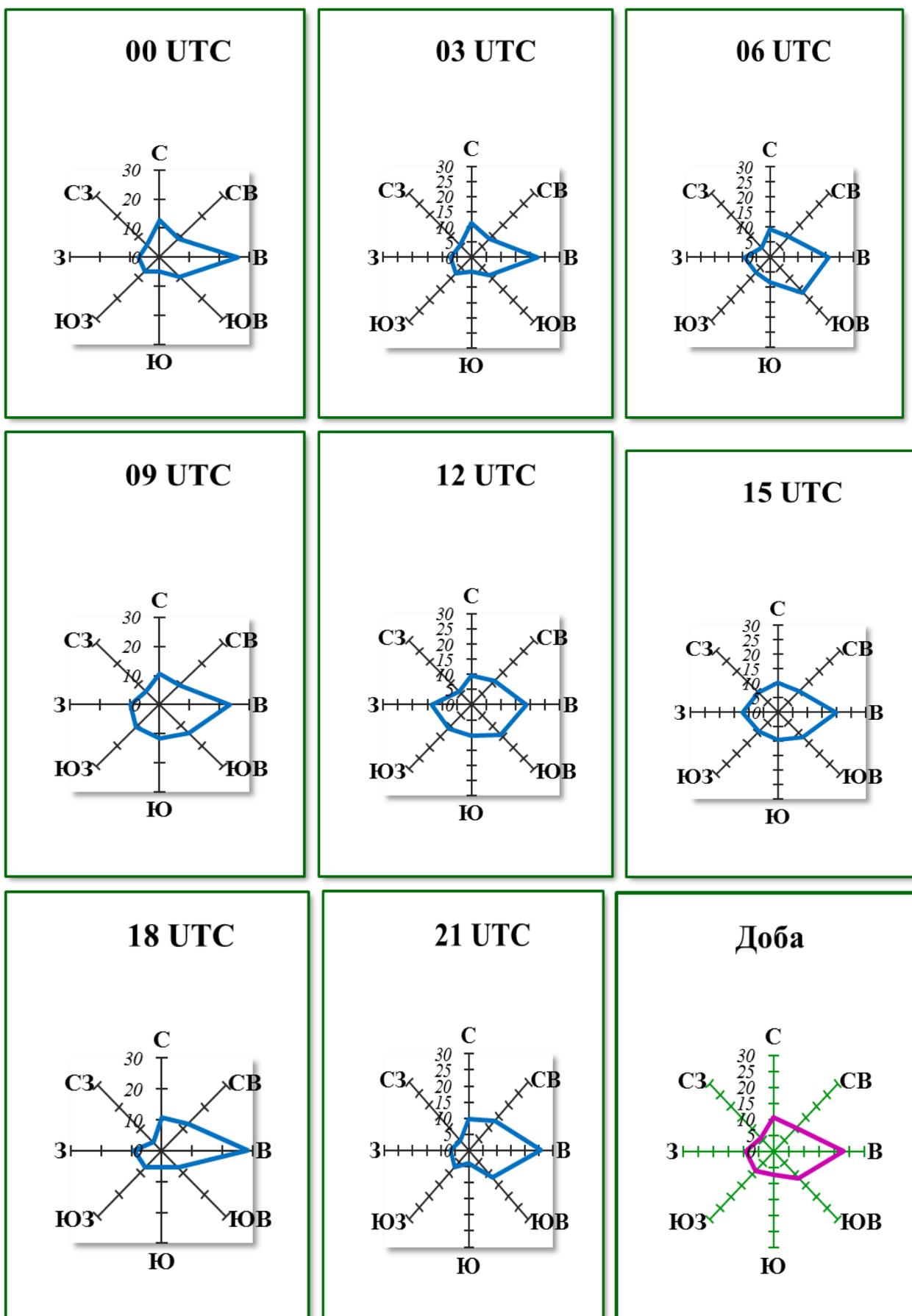


Рис. А.14. Розы ветров на ст. Харьков. Апрель.1997-2012 гг.

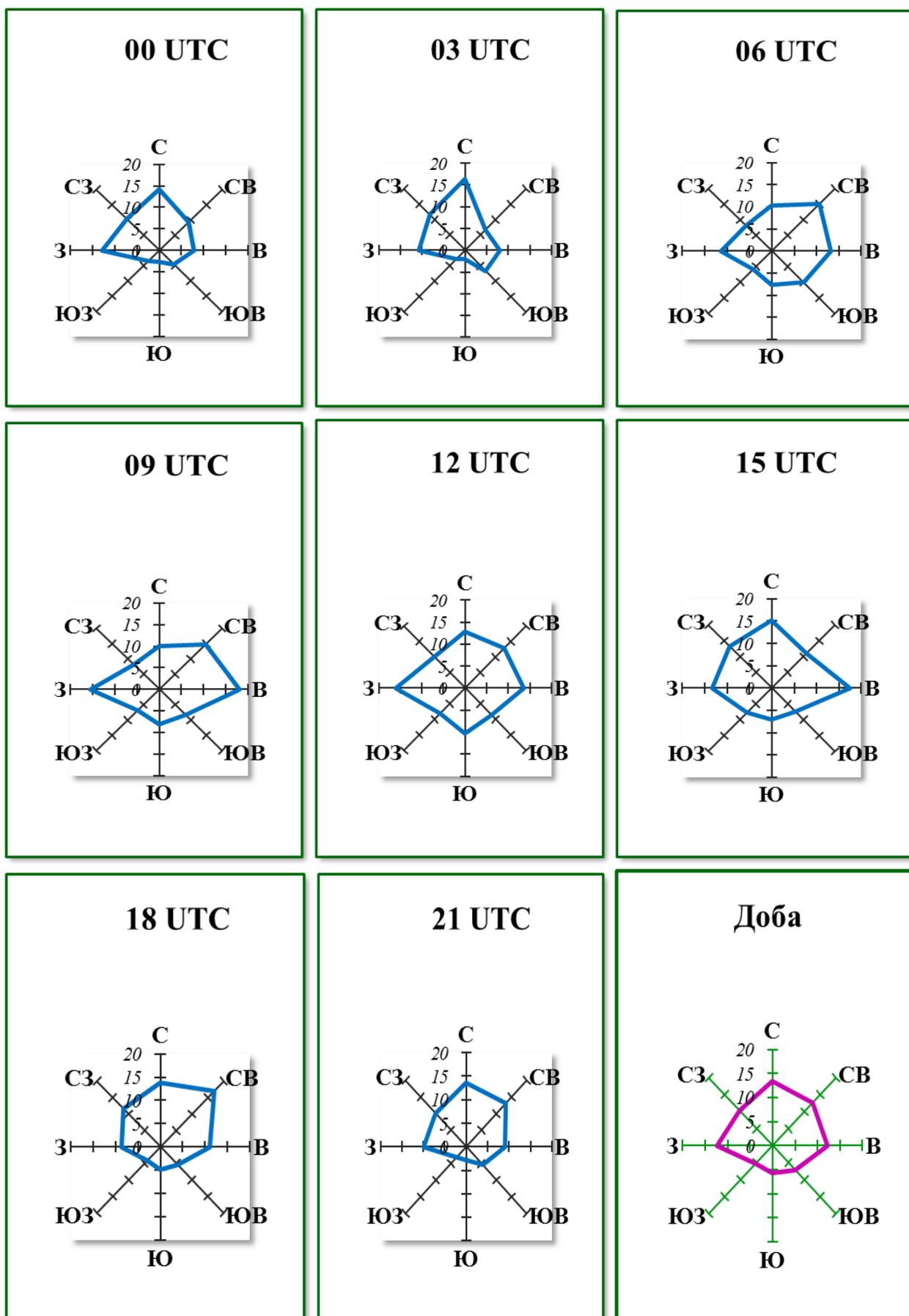


Рис. А. 15. Розы ветров на ст. Харьков. Июль.1997-2012 гг.

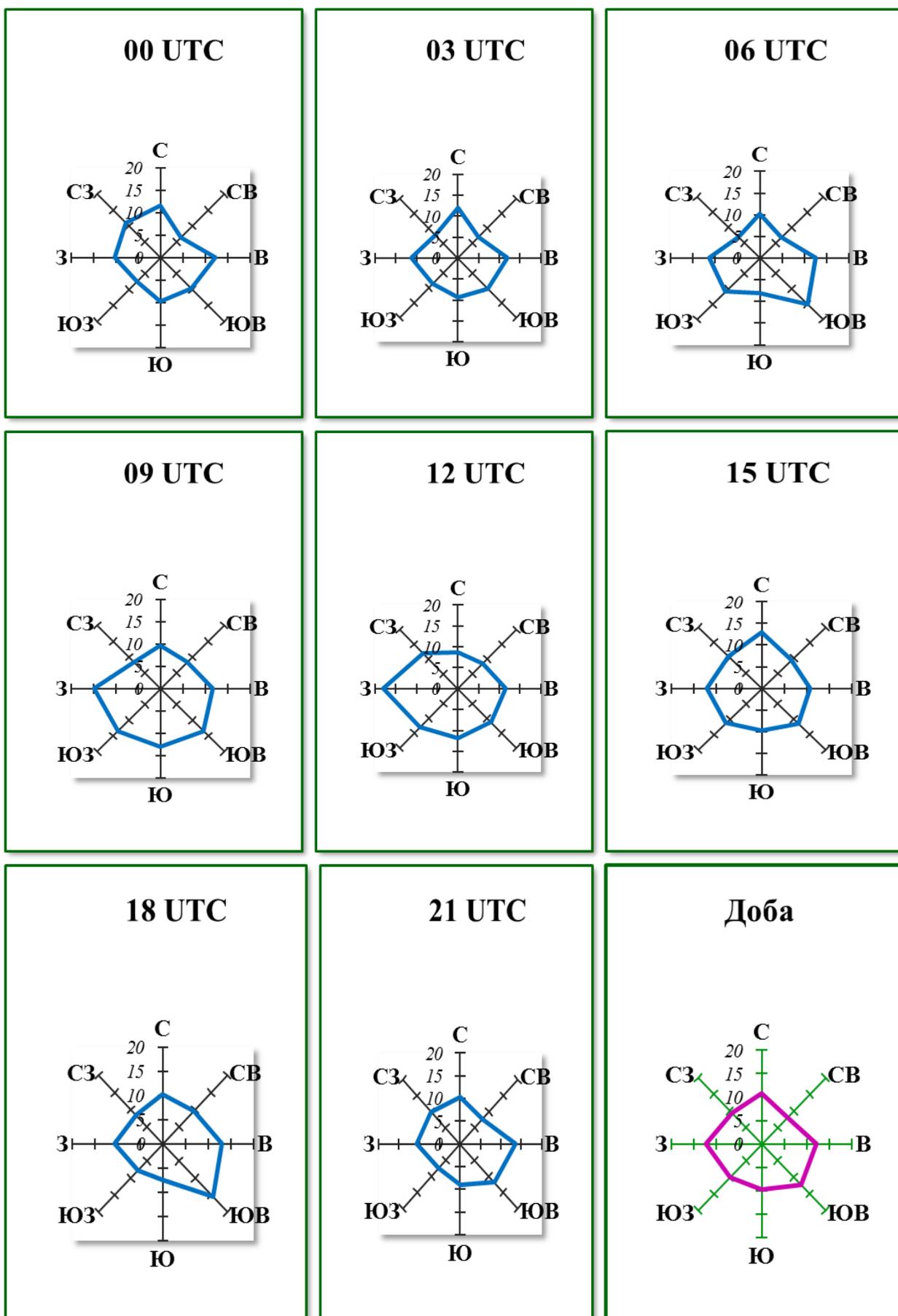


Рис. А. 16. Розы ветров на ст. Харьков. Октябрь.1997-2012 гг.

Приложение Б

Таблица Б.1

Каталог подтипов синоптических процессов и календарь последовательной смены ЭЦМ [1992-2008]. Восток Украины.

Дата	Месяцы года							
	Январь		Апрель		Июль		Октябрь	
	Подтип	Тип ЭЦМ	Подтип	Тип ЭЦМ	Подтип	Тип ЭЦМ	Под тип	Тип ЭЦМ
1992								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.4	1а	1.2	7аз	3.3	2в	2.1	4б
2	1.4	1а	1.2	1а	4.1	2в	1.1	4б
3	2.2	1а	1.3	1а	1.2	2в	1.4	13з
4	2.2	1а	1.2	12г	4.1	2в	1.4	13з
5	1.1	12бз	2.2	12г	4.2	4б	5.2	13з
6	1.1	12бз	1.2	12г	1.4	4б	5.2	13з
7	1.1	12бз	1.2	10б	1.4	13л	6.1	1б
8	1.1	12бз	1.2	10б	1.4	13л	6.1	1б
9	1.1	1а	1.1	10б	1.4	13л	-	4б
10	1.1	1а	1.4	10б	3.1	13л	-	4б
11	6.3	1а	1.4	1а	3.1	13л	1.4	8а
12	1.1	11г	6.4	1а	1.2	13л	1.1	8а
13	1.4	11г	3.2	11а	6.4	13л	1.4	8а
14	1.4	11г	3.2	11а	4.2	13л	3.3	9а
15	1.4	12бз	4.2	8а	4.2	13л	6.1	9а
16	1.4	12бз	4.2	8а	2.1	13л	6.1	9а
17	1.4	12бз	4.2	1б	3.3	13л	1.2	8а
18	6.2	11в	1.4	1б	3.3	13л	1.2	8а
19	6.2	11в	4.2	9а	3.3	13л	2.2	8а
20	2.1	11в	2.1	9а	3.3	13л	3.2	13з
21	1.3	11в	2.1	12а	1.4	13л	6.1	13з
22	3.1	11г	1.4	12а	1.2	2в	6.1	13з
23	3.1	11г	1.1	2в	1.4	2в	6.1	13з
24	3.1	11г	1.1	2в	1.4	2в	1.1	1б
25	3.2	11г	3.3	2в	1.4	13л	3.1	1б
26	1.4	11в	1.2	10б	3.2	13л	1.2	13з
27	1.4	11в	1.2	10б	4.1	13л	6.2	13з
28	1.4	13з	2.2	10б	4.2	13л	1.1	13з
29	1.4	13з	1.2	4в	1.1	13л	1.1	13з
30	5.1	13з	1.2	4в	3.1	13л	-	13з
31	5.1	13з			3.1	13л	3.3	2в

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1993								
1	1.3	13з	-	10а	2.1	13л	1.4	13л
2	5.1	13з	-	10а	2.1	13л	1.3	12а
3	5.1	13з	-	10а	1.1	13л	5.2	12а
4	5.1	11в	-	12вл	2.1	3	5.2	12а
5	5.1	11в	-	12вл	1.4	3	5.2	12бз
6	5.1	11г	-	12бл	3.1	9а	5.2	9а
7	3.3	11г	-	12бл	3.1	9а	1.2	10а
8	4.1	11а	-	12бл	3.1	9а	1.2	10а
9	4.1	11а	-	12бл	3.1	9а	1.2	13л
10	3.2	11а	-	12бл	3.1	9а	1.2	13л
11	1.1	7аз	-	12бл	1.3	10б	4.2	9б
12	1.1	7аз	-	12бл	1.3	10б	1.1	9б
13	5.1	13з	-	12бл	1.3	10б	1.1	9б
14	1.1	13з	-	8а	1.4	10б	4.2	9б
15	1.1	13з	-	8а	3.3	10б	1.2	8гз
16	5.1	13з	-	8а	3.3	10б	1.1	8гз
17	1.4	13з	-	12а	3.3	10б	3.1	8гз
18	1.4	13з	-	12а	3.3	9а	4.2	12бз
19	1.1	13з	-	12а	3.3	9а	3.2	12бз
20	1.1	13з	-	12бл	4.2	9а	5.2	12бз
21	1.1	13з	-	12бл	1.2	13л	5.2	13з
22	1.1	13з	-	12бл	4.1	13л	1.2	13з
23	1.1	13з	-	12бл	2.1	13л	1.3	13з
24	1.1	11а	-	12бл	1.4	13л	1.2	13з
25	1.1	11а	-	12бл	3.3	13л	1.1	13з
26	1.1	12вз	-	13л	4.2	13л	6.2	13з
27	1.1	12вз	-	13л	4.2	13л	3.3	13з
28	1.1	12вз	-	11в	3.3	13л	6.2	13з
29	3.2	12вз	-	11в	4.2	13л	6.2	13з
30	1.4	12вз	-	13з	1.4	13л	6.2	12а
31	1.4	12вз			1.4	13л	6.2	12а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1994								
1	1.1	11а	3.3	10а	1.4	13л	1.1	9а
2	4.2	11а	6.1	10а	1.4	13л	1.1	9а
3	4.1	12бз	6.1	10а	1.4	13л	-	9а
4	4.2	12бз	1.2	10а	1.4	13л	5.1	12бз
5	6.3	11б	1.2	7бз	1.4	13л	1.1	12бз
6	6.3	11б	6.1	11а	1.4	12бл	5.1	13з
7	1.2	8а	6.1	11а	3.1	13л	5.1	13з
8	3.1	8а	1.2	12г	3.1	9а	1.3	13з
9	1.2	7аз	1.2	12г	4.1	9а	1.3	13з
10	1.2	11а	1.2	12г	-	12бл	1.2	13з
11	1.2	8бз	1.2	11г	5.1	13л	1.2	13з
12	4.2	11г	3.3	11г	5.1	13л	3.1	13з
13	4.2	11г	1.2	13з	5.1	13л	3.1	13з
14	4.2	12а	1.2	12а	1.3	4в	1.4	13з
15	4.2	12а	1.2	12а	1.4	4в	3.3	13з
16	4.2	12а	4.1	13з	1.4	4в	1.1	12а
17	4.1	11а	4.2	1а	1.4	13л	4.2	4а
18	1.1	11а	6.4	3	1.1	13л	1.4	4а
19	4.2	11а	1.1	8гл	3.3	13л	3.3	13з
20	1.4	11а	6.4	8гл	4.1	13л	3.3	13з
21	1.3	11а	6.4	12бз	3.2	13л	5.1	13з
22	3.1	11а	1.3	12бз	-	13л	5.1	13з
23	1.1	11а	1.3	12а	1.4	13л	5.1	13з
24	1.1	11а	1.4	12а	1.4	13л	1.2	13з
25	1.1	11а	2.1	6	1.3	13л	1.2	13з
26	1.1	11а	2.2	6	3.3	13л	1.2	13з
27	1.1	7аз	1.2	12бл	3.3	13л	1.1	12а
28	1.1	13з	1.2	12бл	1.3	13л	3.3	12а
29	4.2	13з	3.3	12бл	4.1	13л	3.3	12а
30	5.2	11а	3.3	12бл	1.4	13л	1.1	12а
31	3.3	12вз			4.1	13л	3.3	12а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995								
1	1.1	12бз	6.4	12бл	1.4	13л	1.1	5г
2	1.1	12бз	1.1	12бл	1.4	13л	5.1	5г
3	1.1	8а	1.1	12бл	3.1	12а	5.1	5г
4	4.2	12вз	1.1	12бл	3.1	12а	5.1	11г
5	5.1	12вз	2.2	11а	4.2	10б	3.1	11г
6	5.1	10а	3.3	11а	1.4	10б	3.1	11г
7	5.1	10а	1.1	12бл	1.4	10б	-	8гз
8	5.1	10а	6.3	12бл	3.2	10б	3.3	8гз
9	1.3	7бз	6.3	12бл	-	6	3.3	8бз
10	1.1	7бз	6.3	12бл	5.1	9а	1.4	8бз
11	6.4	12а	6.4	12а	1.3	9а	3.3	6
12	2.2	12а	1.1	12а	1.4	3	3.3	1а
13	2.1	11а	1.2	12а	-	9а	3.3	7бз
14	1.4	11а	1.3	12а	-	9а	1.1	12а
15	5.1	13з	6.4	8вл	-	12бл	1.4	12а
16	5.1	13з	6.4	8вл	-	6	5.2	12вз
17	5.1	13з	1.2	12бл	-	6	5.2	11г
18	5.1	10а	4.2	12бл	1.3	3	3.3	11г
19	1.3	10а	4.2	12бл	1.3	3	3.3	7аз
20	1.3	10а	4.2	12вл	4.2	9а	1.1	7аз
21	1.3	10а	3.3	12вл	3.2	9а	1.1	9б
22	1.2	6	1.3	9а	-	6	1.4	13з
23	6.3	6	1.3	9а	-	6	5.2	13з
24	6.3	6	1.3	9а	-	12бл	5.2	13з
25	6.3	6	6.1	9а	-	6	5.2	9а
26	2.1	6	6.1	7бл	-	6	5.2	9а
27	1.2	11в	6.1	2а	3.3	4в	4.1	1а
28	1.1	11в	2.2	4б	1.4	10б	4.2	9а
29	1.1	11в	1.1	13л	3.3	10б	4.1	12бз
30	1.1	5г	1.4	13л	1.4	10б	4.2	12бз
31	1.2	5г			-	10б	3.3	12бз

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1996								
1	6.4	7бз	-	11г	6.1	13л	6.1	13л
2	6.4	7бз	3.2	11г	1.1	б	-	12вл
3	6.4	7бз	1.2	11г	3.3	б	-	12вл
4	-	11б	1.3	11г	3.3	9а	3.1	13з
5	1.2	11б	-	11г	-	9а	3.1	13з
6	5.2	11а	6.4	11г	-	12а	3.1	13з
7	5.2	11а	6.4	11г	-	12а	1.3	б
8	3.3	5б	6.4	11г	-	13л	3.1	б
9	-	5б	6.4	5а	-	13л	-	8гз
10	-	13з	6.4	5а	-	13л	-	11а
11	-	13з	-	12вз	-	13л	5.1	12г
12	3.2	13з	-	12вз	-	12вл	5.1	13з
13	-	13з	-	12а	-	10б	3.3	13з
14	-	13з	-	12вз	-	10б	3.3	13з
15	-	13з	1.4	12вз	-	13л	3.3	13з
16	5.1	13з	-	12вз	-	13л	-	13з
17	5.1	11в	2.2	12а	-	13л	-	13з
18	3.3	11в	-	12а	-	13л	6.3	13з
19	-	11в	-	12а	-	13л	6.3	13з
20	5.2	11в	-	12а	-	13л	6.3	13з
21		12г	-	12бл	-	13л	1.1	13з
22	1.3	13з	-	12а	-	13л	4.2	13з
23	-	13з	3.3	12а	-	13л	-	5а
24	-	12вз	-	9а	-	13л	-	5а
25	2.2	12а	-	12а	-	13л	1.3	5а
26	-	12бз	-	12а	-	13л	1.3	11в
27	-	7аз	-	12а	-	13л	-	11в
28	5.2	7аз	-	12а	-	13л	4.2	б
29	-	13з	-	12а	-	13л	3.1	9б
30	-	13з	-	12а	-	9б	-	9б
31	-	12вз			-	9б	1.1	12а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1997								
1	1.3	11В	5.1	5а	4.1	6	1.1	13з
2	1.3	13з	5.1	5а	4.1	13Л	4.2	11а
3	4.2	13з	2.1	6	1.2	13Л	1.1	11а
4	3.3	13з	6.3	6	3.1	13Л	1.4	8Гз
5	5.2	13з	6.3	7аз	3.1	10б	3.1	8Гз
6	6.2	13з	1.2	7аз	3.3	10б	1.4	12Г
7	6.2	13з	1.4	13Л	1.4	10б	3.2	12Г
8	1.3	13з	1.4	13Л	2.1	10б	3.3	12Г
9	1.3	13з	6.2	9б	2.1	3	3.3	8Гз
10	4.1	11Г	1.4	9б	1.4	3	1.4	8Гз
11	3.3	11Г	1.1	12бЛ	1.2	13Л	1.1	8Гз
12	1.4	13з	1.1	13з	-	13Л	1.1	8Гз
13	3.3	13з	4.2	13з	4.1	13Л	1.1	8Гз
14	3.3	11а	6.3	13з	4.1	13Л	6.4	8Гз
15	1.4	11а	6.3	13з	1.3	13Л	6.4	7аз
16	1.4	11а	1.4	13з	1.4	13Л	2.1	7аз
17	1.4	11а	2.1	13з	1.4	13Л	1.2	13з
18	3.3	13з	2.2	13з	3.3	13Л	1.3	13з
19	-	13з	1.1	13з	6.4	13Л	1.3	13з
20	1.1	13з	4.2	13з	6.4	13Л	1.3	13з
21	1.4	11б	4.2	13з	1.1	13Л	1.3	13з
22	1.4	13з	1.2	13з	1.1	13Л	1.4	13з
23	1.4	13з	-	13з	2.1	13Л	3.1	13з
24	1.4	13з	-	13з	2.1	13Л	3.3	13з
25	6.2	13з	1.3	13з	4.2	3	1.4	8Вз
26	-	13з	3.3	13з	1.4	9а	1.4	8Вз
27	-	13з	4.1	7ал	2.1	13Л	2.2	12Г
28	-	13з	3.3	12бЛ	2.1	13Л	1.3	12Г
29	-	13з	1.2	12бЛ	2.1	13Л	5.1	13з
30	-	13з	4.1	8вл	2.1	13Л	3.3	13з
31	-	13з			2.1	13Л	3.3	13з

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1998								
1	3.1	6	6.2	5а	-	13л	6.2	13з
2	4.1	6	-	5а	-	13л	6.2	13з
3	1.1	6	-	13л	-	13л	6.2	13з
4	1.2	6	6.1	13л	-	13л	5.2	13з
5	6.3	6	-	13л	-	13л	5.1	12бз
6	1.2	2б	6.1	13л	-	13л	1.3	12бз
7	1.2	10а	6.4	8бл	-	13л	3.1	12бз
8	6.3	10а	6.4	8бл	-	13л	5.2	13з
9	2.1	12бз	4.2	12бл	-	13л	5.2	13з
10	2.1	12бз	6.4	12бл	-	8вл	3.2	13з
11	3.1	11г	6.4	12бл	-	8вл	3.2	13з
12	6.2	11г	6.2	12бл	-	12вл	1.1	7аз
13	3.1	11г	-	12бл	-	12вл	1.1	7аз
14	3.1	11г	6.2	12бл	-	8вл	5.1	10а
15	4.1	13з	4.2	8бл	-	12а	5.1	6
16	4.1	13з	1.2	12а	-	12а	3.3	1а
17	4.1	13з	1.2	12а	-	8а	3.3	1а
18	4.2	13з	1.2	12а	-	8а	3.3	6
19	3.2	7бз	5.1	10б	-	12а	1.1	6
20	1.2	7бз	6.4	10б	-	12а	3.3	1а
21	6.4	11б	6.4	10б	-	13л	6.3	1а
22	6.4	11б	1.2	12а	-	13л	3.3	7бз
23	5.1	11б	1.3	13л	-	13л	3.3	11г
24	3.1	11б	3.2	13л	-	13л	3.2	11г
25	3.1	11б	3.3	12а	-	13л	3.2	11г
26	3.1	11б	3.3	12а	-	6	6.3	12вз
27	3.1	11б	3.2	12а	-	13л	6.3	12вз
28	3.1	11б	3.2	2а	-	13л	-	12вз
29	-	12бл	-	2а	-	13л	-	12а
30	1.1	12бл	-	4б	-	13л	-	12а
31	1.1	13з			-	13л	-	13з

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1999								
1	3.3	13з	5.1	4б	2.1	13л	4.2	13з
2	1.2	13з	5.1	13л	2.2	13л	4.2	13з
3	1.2	11в	4.1	13л	2.1	13л	2.2	11г
4	1.2	11в	4.1	13л	3.1	9а	3.3	11г
5	4.2	11в	1.4	7ал	3.1	12а	3.3	7аз
6	4.2	11в	3.1	7ал	3.1	3	2.1	7аз
7	1.1	11в	6.4	7ал	3.1	3	2.1	7аз
8	1.1	11в	4.2	8ал	3.3	8а	2.1	7аз
9	1.1	11в	4.2	8ал	4.1	3	1.1	10а
10	1.2	13з	4.1	13л	1.3	3	1.1	10а
11	3.3	13з	1.1	13л	5.2	13л	2.2	10а
12	6.1	13з	1.1	13л	5.2	13л	1.4	12вз
13	2.1	13з	1.1	9а	1.3	13л	1.4	12вз
14	2.1	13з	1.2	9а	4.1	13л	4.1	13з
15	2.1	10а	2.1	6	4.2	13л	1.4	13з
16	1.2	10а	3.2	12бл	2.2	13л	1.4	13з
17	4.2	10а	6.1	12бл	5.1	13л	4.1	13з
18	1.3	10а	6.1	12а	1.4	13л	1.4	13з
19	3.1	10а	2.1	12а	1.4	13л	1.3	13з
20	3.3	11б	2.2	12а	1.4	12вл	5.2	13з
21	3.3	11б	1.2	13л	1.4	12а	5.2	13з
22	3.3	13з	4.2	13л	1.4	12вл	5.2	13з
23	4.2	13з	1.2	13л	3.2	12вл	5.2	13з
24	3.3	13з	1.2	13л	4.2	12вл	5.2	13з
25	3.3	13з	1.2	13л	3.3	12вл	5.2	8гз
26	3.3	13з	1.2	12а	5.1	12вл	1.2	6
27	1.1	13з	1.3	9а	5.1	12вл	2.2	6
28	2.2	13з	2.1	9а	5.1	12вл	1.4	6
29	2.2	13з	2.2	9а	2.1	8вл	1.4	6
30	6.2	12г	1.1	7ал	2.1	8вл	1.4	1а
31	6.2	12г			2.1	8вл	3.3	1а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2000								
1	6.4	13л	1.1	3	2.1	9а	3.3	13з
2	6.4	13л	1.2	3	3.2	9а	1.2	10б
3	1.4	13л	1.1	9а	3.1	9а	1.2	10б
4	4.2	12бз	1.1	9а	3.1	9а	1.2	10б
5	3.1	8гз	1.2	9а	3.1	13л	5.2	13з
6	1.4	8гз	6.1	9а	1.4	13л	5.2	13з
7	3.1	9б	6.2	13л	1.4	13л	5.2	13з
8	3.1	9б	6.2	13л	2.2	13л	5.2	13з
9	4.2	9б	6.2	13л	6.4	13л	5.2	13з
10	4.1	12бз	1.3	13л	6.4	9а	5.2	13з
11	3.3	12бз	1.2	13л	3.2	9а	1.2	12бз
12	3.3	9а	4.2	13л	3.3	10б	1.2	12бз
13	3.3	12а	3.3	13л	-	10б	5.2	11а
14	3.3	12а	3.1	13л	5.2	10б	5.2	8гз
15	6.3	13л	3.3	13л	3.3	13л	4.1	8гз
16	6.3	13л	3.2	13л	1.2	13л	3.3	8гз
17	4.1	13л	1.2	13л	2.1	13л	5.2	10а
18	6.2	13л	1.2	8гз	1.4	13л	5.2	10а
19	2.2	13л	5.1	8гз	1.4	13л	5.2	12а
20	1.4	13л	5.1	9б	1.3	4в	5.2	12а
21	2.2	3	5.1	9б	3.3	4в	5.2	12а
22	2.2	3	2.1	9б	3.3	13л	5.2	12а
23	1.1	3	4.1	9б	4.1	13л	5.1	12а
24	6.1	13з	2.1	9б	3.3	13л	3.1	12а
25	6.2	13з	1.2	12а	3.3	13л	4.2	12а
26	1.4	13з	2.2	12а	3.3	13л	3.3	12а
27	1.4	8гз	3.3	9бз	1.1	9а	3.3	9а
28	1.4	8гз	1.3	9бз	1.4	9а	4.1	9а
29	1.1	13з	1.3	10а	1.3	9а	4.1	11а
30	1.1	13з	1.4	10а	1.1	10б	3.3	11а
31	6.3	13з			1.4	10б	1.1	11а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2001								
1	3.3	12бз	3.2	12а	3.3	13л	1.3	9б
2	3.3	12бз	3.2	12а	3.3	13л	1.1	13з
3	1.2	12бз	3.3	12а	5.1	13л	1.1	13з
4	3.3	12бз	3.3	13з	5.1	9а	1.1	13з
5	3.3	12бз	1.2	13з	5.2	9а	3.3	13з
6	3.3	13з	3.1	13з	5.2	13л	3.3	13з
7	1.1	13з	6.1	13з	5.1	13л	1.4	12а
8	6.2	13з	1.2	1а	5.2	9а	1.3	12а
9	6.4	12а	3.2	1а	5.2	9а	5.2	12а
10	6.3	12а	3.2	13з	4.2	9а	5.2	13з
11	6.2	12вз	5.2	13з	3.3	9а	3.3	13з
12	5.1	12вз	1.1	12а	3.3	13л	5.1	4а
13	1.4	12вз	6.1	12а	3.3	13л	5.1	4а
14	1.4	11г	6.3	12а	3.3	13л	3.1	12а
15	1.4	11г	6.4	12а	3.3	13л	3.1	12а
16	1.4	11г	6.3	12а	1.2	13л	5.1	12а
17	1.4	11г	6.1	12а	1.2	13л	3.3	12а
18	1.3	10а	6.1	12а	2.2	13л	3.3	12г
19	1.3	10а	5.2	12а	2.2	9а	3.3	12г
20	1.3	10а	5.2	9б	1.2	9а	6.2	13з
21	1.3	11а	5.2	9б	5.2	9а	6.2	13з
22	1.3	11а	6.1	12а	6.1	13л	6.1	13з
23	1.3	11а	6.1	12а	6.1	13л	6.1	13з
24	1.3	1а	6.4	4а	6.2	13л	6.1	13з
25	1.2	1а	6.3	4а	6.2	12а	5.1	13з
26	1.2	7бз	5.2	12а	2.1	12а	3.3	13з
27	1.2	7бз	2.2	12а	2.1	13л	3.3	12бз
28	1.1	12а	1.2	12вл	5.1	13л	3.3	12бз
29	1.2	12а	1.2	12вл	5.1	13л	3.1	13з
30	1.2	13з	3.3	12вл	5.1	13л	3.1	13з
31	2.1	13з			4.2	13л	3.1	13з

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2002								
1	1.4	11а	3.3	9а	3.1	13л	1.3	12г
2	1.4	11а	1.3	12бл	3.3	13л	1.4	12г
3	1.4	1б	1.3	12бл	1.3	3	3.1	12а
4	5.1	1б	5.2	13л	1.3	3	1.1	12а
5	1.4	13з	6.1	13л	4.2	13л	3.3	12а
6	1.4	13з	5.1	12а	1.3	13л	4.2	13з
7	1.4	13з	2.1	12а	1.3	3	1.2	13з
8	1.4	13з	1.4	12а	1.3	3	2.2	11г
9	1.4	13з	1.3	12а	1.3	13л	1.1	11г
10	1.4	13з	1.3	12а	1.3	13л	4.2	10а
11	1.4	11а	2.2	9а	1.3	13л	1.2	10а
12	1.4	11а	1.2	9а	1.3	13л	5.2	8а
13	3.1	12бз	5.2	6	1.3	13л	5.2	8а
14	3.1	12бз	1.2	6	1.4	3	5.2	12а
15	3.1	12бз	1.2	13л	4.1	3	5.2	12а
16	3.1	11а	2.1	13л	4.1	13л	3.3	12а
17	3.3	11а	2.1	13л	2.1	13л	4.2	3
18	3.3	7бз	2.1	13л	2.1	4б	1.1	3
19	3.3	7бз	2.1	13л	1.2	4б	1.1	11а
20	4.1	11б	2.1	13л	1.2	13л	4.2	11а
21	1.1	11б	1.3	13л	1.3	13л	1.4	11в
22	1.1	12а	1.4	12вл	2.1	12вл	1.1	11в
23	1.1	12а	3.1	12вл	2.1	12вл	1.1	12бз
24	1.1	12а	4.2	13л	1.4	13л	1.1	12бз
25	1.1	12а	4.1	13л	4.1	13л	3.3	11б
26	1.1	12а	3.1	3	-	13л	3.3	13з
27	1.1	1а	1.2	3	1.3	13л	2.2	13з
28	6.3	1а	1.2	3	1.3	10б	6.3	13з
29	1.1	1а	4.2	12а	1.3	10б	1.4	11б
30	1.1	12бз	1.2	12а	1.3	7ал	1.4	11б
31	1.1	12бз			1.2	7ал	3.3	11в

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2003								
1	3.3	13з	2.1	9б	3.3	2в	1.2	12а
2	3.3	13з	2.1	9б	1.1	3	1.2	12а
3	6.1	11а	2.1	13з	2.1	3	1.2	12а
4	6.2	11а	3.1	13з	1.1	3	1.2	8бл
5	6.2	13з	3.3	12бл	1.1	9а	2.2	8бл
6	6.2	13з	2.1	12бл	3.1	9а	2.2	12а
7	4.1	13з	2.1	13л	3.1	9а	2.2	12а
8	4.1	13з	2.1	13л	3.1	6	2.2	8а
9	1.4	8а	2.1	13л	3.1	6	2.2	8а
10	3.3	8а	5.2	2б	3.1	8бл	1.1	8бл
11	3.3	8а	5.2	2б	2.1	8бл	6.4	8бл
12	3.3	13з	5.2	8гл	6.1	4в	6.4	9а
13	3.3	13з	5.1	8гл	6.1	4в	1.2	9а
14	3.3	11в	1.2	13л	6.1	8бл	1.2	9а
15	2.1	11в	1.3	13л	6.1	8бл	1.2	12а
16	2.2	13з	3.2	13л	3.1	13л	1.3	12а
17	1.1	13з	3.2	12бл	2.1	13л	1.4	12а
18	1.1	13з	1.3	12бл	3.1	13л	1.4	12а
19	1.1	1б	1.3	12бл	3.1	13л	1.4	12а
20	3.2	12бз	1.3	3	5.1	13л	3.3	12а
21	3.2	12бз	4.1	3	5.1	13л	3.3	9б
22	4.1	12вз	4.1	12а	5.1	13л	2.1	9б
23	3.3	12вз	4.1	12а	5.1	13л	5.1	12а
24	3.3	12г	3.3	12а	5.2	13л	5.1	12а
25	3.3	12г	2.1	12а	3.1	13л	1.2	12а
26	3.3	1б	2.1	12а	5.2	13л	3.3	12а
27	3.3	1б	3.1	12а	1.3	13л	4.2	13з
28	3.3	12а	1.1	12а	1.3	13л	4.2	13з
29	1.2	12а	1.1	12бл	1.3	13л	4.2	13з
30	1.2	12а	1.1	12бл	1.3	13л	1.3	13з
31	4.2	12вз			5.2	13л	1.3	12бз

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2004								
1	6.1	13з	6.1	12а	2.1	13л	6.2	13з
2	1.3	13з	1.4	12а	1.4	13л	6.2	13з
3	4.2	13з	1.4	12а	1.1	13л	6.1	13з
4	6.2	13з	1.4	8гз	1.1	10б	3.3	13з
5	6.2	13з	2.1	8гз	1.1	10б	3.3	8гз
6	6.2	11а	2.1	8гз	1.1	13л	3.3	8гз
7	6.2	11а	1.3	1а	3.1	13л	3.3	8гз
8	6.4	11а	1.3	1а	6.2	13л	4.2	12бз
9	6.1	11а	1.2	7аз	1.2	13л	6.3	12бз
10	1.3	11а	1.1	7аз	1.2	13л	6.2	12бз
11	2.1	11г	1.1	7аз	6.1	13л	6.2	12а
12	2.2	11г	1.1	11г	4.1	8бл	5.1	12а
13	6.3	11г	1.4	11г	1.2	8бл	5.2	12а
14	6.3	1б	1.4	1б	1.2	4в	5.2	9б
15	6.3	1б	2.2	1б	6.1	4в	5.2	9б
16	6.4	1б	6.1	4а	6.1	10б	5.2	9б
17	6.4	1б	3.1	4а	1.1	10б	6.1	13з
18	6.4	12бз	1.4	4а	4.1	4в	6.1	13з
19	6.3	12бз	1.4	4а	1.4	4в	6.1	13з
20	6.1	12бз	1.4	4а	1.4	4в	6.1	9б
21	6.4	11в	1.4	10а	2.1	4б	6.1	9б
22	6.2	11в	1.4	10а	6.2	4б	6.1	11б
23	6.2	11б	1.4	13л	5.2	13л	1.1	11б
24	6.4	11б	6.2	13л	5.2	13л	1.1	12вз
25	5.2	11б	5.2	13л	6.2	13л	1.1	12вз
26	5.2	11б	5.2	10а	5.2	13л	3.2	8гз
27	5.2	13з	5.2	10а	1.3	13л	1.2	8гз
28	5.2	13з	5.2	12бл	4.1	13л	1.1	8гз
29	6.1	12вз	6.2	12бл	4.1	8вл	6.2	8гз
30	6.1	12вз	1.4	12бл	4.1	8вл	4.1	8гз
31	6.3	1а			4.1	8вл	6.1	13з

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2005								
1	1.1	7аз	3.1	9а	2.1	13л	5.2	13з
2	6.3	7аз	3.3	9а	2.2	13л	1.3	13з
3	6.3	7бз	3.1	6	4.1	13л	3.2	13з
4	6.3	7бз	3.1	6	4.1	8гл	3.1	13з
5	6.3	5а	3.3	3	4.1	8гл	3.1	12а
6	6.3	5а	3.1	3	4.1	3	5.1	12а
7	1.1	5а	1.1	8бл	4.1	3	5.1	8гз
8	1.1	13з	1.1	8бл	4.1	13л	5.1	8гз
9	1.1	13з	1.1	6	4.1	13л	5.1	13з
10	1.1	13з	3.2	6	4.1	13л	5.1	13з
11	5.1	11а	3.2	7ал	1.1	4б	5.1	13з
12	6.2	11а	2.2	7ал	3.1	4б	5.1	13з
13	1.1	11а	3.1	7ал	3.1	4б	5.2	13з
14	1.1	12вз	1.2	9а	3.1	3	5.2	8а
15	6.3	12вз	6.1	9а	3.3	3	4.2	8а
16	5.2	11б	6.1	9а	3.1	9а	6.3	8а
17	6.2	11б	6.2	8бл	4.2	9а	6.3	8а
18	3.2	13з	6.2	8бл	4.2	6	2.1	12вз
19	3.2	13з	6.2	8бл	4.2	6	6.2	12вз
20	6.1	13з	6.2	13л	2.1	9а	5.1	12бз
21	6.1	13з	6.2	13л	2.2	9а	5.1	12бз
22	6.1	11г	6.2	13л	2.2	9а	3.3	11а
23	6.1	11г	6.2	13л	2.2	9а	1.1	11а
24	6.1	5б	3.3	13л	1.1	9а	1.1	13з
25	6.1	5б	4.1	13л	1.1	9а	6.3	13з
26	6.4	5в	4.1	13л	1.1	12а	6.3	13з
27	6.4	5в	3.3	8а	1.1	12а	6.3	13з
28	6.4	5в	5.2	8а	3.1	12а	6.2	5в
29	6.4	5в	5.2	8а	1.2	12а	5.2	5в
30	4.2	5г	5.2	8а	1.2	12а	5.2	13з
31	4.2	5г			4.1	12а	3.1	13з

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2006								
1	6.1	5а	6.1	12а	5.1	4в	6.1	9а
2	6.1	5а	3.1	9а	5.1	4в	3.1	12бл
3	6.1	8з	3.3	9а	5.1	10б	3.2	12бл
4	6.1	8з	3.3	9а	5.2	10б	1.1	12бл
5	6.1	10а	3.3	12а	5.2	10б	1.1	12бл
6	6.1	10а	5.2	12а	2.2	10б	5.2	12бл
7	6.1	10а	6.4	12а	5.2	7ал	3.3	12бл
8	3.1	10а	6.4	12а	5.2	7ал	3.1	12а
9	3.1	13з	6.2	12а	3.3	10б	3.3	12а
10	3.3	13з	5.2	8вл	4.1	10б	3.3	13з
11	3.3	13з	5.2	8вл	4.2	4б	3.3	13з
12	3.3	12г	6.4	8вл	3.1	4б	1.3	13з
13	3.3	12г	6.2	13л	3.1	13л	1.3	13з
14	1.4	12г	6.2	13л	3.1	13л	5.1	8а
15	1.2	8вз	6.3	8бл	1.3	13л	5.1	8а
16	5.1	8вз	5.1	8бл	5.1	13л	5.1	12а
17	6.1	13з	6.3	6	5.1	13л	3.3	12а
18	6.1	13з	1.2	6	3.1	3	3.3	12а
19	6.1	13з	1.2	8гл	6.2	3	3.3	8гз
20	6.1	13з	2.1	8гл	6.2	9а	5.2	8гз
21	6.2	13з	3.3	8гл	6.2	9а	1.2	12бз
22	5.2	13з	3.3	12а	1.3	13л	1.2	12бз
23	5.1	13з	5.1	12а	5.1	13л	1.1	12г
24	5.1	12г	5.1	12а	5.1	13л	1.1	12г
25	5.1	12г	5.1	12а	5.1	10б	6.3	12г
26	5.2	11г	6.1	12а	3.1	10б	6.3	11г
27	5.2	11г	1.3	9а	1.1	10б	1.1	11г
28	6.2	12бз	1.3	9а	1.2	10б	5.1	12вз
29	6.2	12бз	1.3	9а	1.1	10б	6.2	12вз
30	6.2	12бз	1.3	9а	6.1	13л	6.2	12а
31	6.2	13з			6.1	13л	6.2	12а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2007								
1	6.2	11а	1.3	13л	5.1	8га	1.3	12Г
2	6.2	13з	1.4	13л	6.2	8га	5.1	12Г
3	1.4	13з	4.1	12вл	6.2	9а	1.4	13з
4	6.2	13з	4.1	12вл	6.3	9а	1.3	13з
5	1.1	13з	4.2	12бл	6.2	9а	3.1	13з
6	1.1	13з	4.2	12бл	6.3	9а	1.1	12Г
7	1.1	13з	1.4	12бл	6.3	9а	6.2	12Г
8	6.2	13з	1.4	13л	1.1	9а	6.2	8а
9	6.2	13з	1.4	13л	1.1	9а	6.2	8а
10	1.1	13з	1.4	13л	1.1	9а	5.1	12бз
11	1.1	13з	6.3	13л	4.2	3	5.1	12бз
12	6.2	11а	6.3	13л	1.1	3	6.2	9б
13	6.2	11а	6.2	13л	1.1	3	6.2	9б
14	6.2	11а	1.4	13л	3.1	3	6.2	8Гз
15	6.2	11а	1.3	13л	3.1	12бл	3.1	8Гз
16	6.2	1а	3.1	13л	3.3	12бл	3.3	12бз
17	1.1	1а	3.3	13л	3.1	12бл	3.3	12бз
18	1.1	12бз	3.3	13л	5.1	12бл	3.1	12Г
19	1.1	12бз	3.3	13л	3.1	8бл	6.2	12Г
20	6.2	12бз	6.2	12а	3.1	8бл	5.2	9б
21	6.2	13з	6.2	12а	3.1	8бл	6.2	12а
22	2.1	13з	6.2	12а	1.3	9а	6.2	12а
23	6.2	13з	6.2	12а	5.1	9а	6.1	1б
24	6.4	12Г	3.1	12а	6.1	9а	6.1	13з
25	6.4	12Г	5.1	12а	6.2	2а	1.3	13з
26	6.2	12бз	3.3	б	6.2	2а	5.2	13з
27	1.4	12бз	3.3	9а	1.2	12а	1.2	13з
28	6.3	12бз	3.3	9а	6.2	12а	1.2	13з
29	6.2	12бз	5.1	3	6.2	12вл	1.3	13з
30	6.2	11Г	5.1	3	1.2	12вл	4.2	7бз
31	2.2	11Г			6.2	12вл	3.3	7бз

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2008								
1	1.3	11а	5.1	9б	1.4	9а	3.3	8Гз
2	1.3	11а	5.1	9б	1.4	9а	1.1	8Гз
3	1.2	11а	6.3	9б	6.2	8а	1.2	8Гз
4	5.2	11а	1.3	12вз	6.2	8а	1.2	12Г
5	5.2	11а	4.1	12вз	6.3	9а	5.2	12Г
6	1.2	11а	1.2	12вз	6.3	9а	6.1	12Г
7	2.2	1б	1.2	12а	6.2	3	2.1	12Г
8	2.2	1б	1.2	12а	3.3	13л	2.1	13з
9	3.3	12а	1.2	12а	3.3	13л	1.4	13з
10	3.3	12а	1.2	12Г	3.3	3	3.1	13з
11	3.3	13з	1.2	12Г	6.2	3	3.1	13з
12	3.3	13з	4.1	12а	1.4	10б	1.1	13з
13	3.3	13з	2.2	12а	3.3	10б	1.1	7бз
14	2.2	12Г	6.3	12а	3.3	10б	1.1	7бз
15	1.2	12Г	6.2	12а	3.3	10б	3.3	12Г
16	1.2	12Г	6.1	12а	3.3	13л	3.1	12Г
17	1.2	11Г	6.1	13л	1.2	13л	2.1	12Г
18	1.2	11Г	6.1	13л	3.3	9а	6.3	13з
19	1.2	11Г	3.2	12бл	2.1	9а	1.1	13з
20	4.2	7аз	6.1	12бл	1.1	4б	1.1	13з
21	6.2	7аз	6.1	13л	1.1	4б	3.1	13з
22	6.3	7аз	6.3	13л	4.2	4б	3.3	7бз
23	6.3	12Г	6.1	12бл	1.3	4б	3.3	7бз
24	6.2	12Г	6.4	12бл	1.3	10б	3.3	7бз
25	5.1	12Г	3.1	12бл	1.3	10б	3.3	1б
26	6.2	12Г	3.3	2а	1.3	10б	3.3	8а
27	6.2	12Г	1.3	12а	1.3	10б	3.3	8а
28	6.2	12Г	1.3	12а	1.3	4б	1.2	8а
29	6.2	12Г	5.2	12а	1.4	4б	3.2	8а
30	5.1	13з	5.2	12а	1.4	13л	1.2	8а
31	4.2	13з			1.4	13л	1.2	8а

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Приложение Б

Таблица Б.2

**Каталог подтипов синоптических процессов. Восток Украины.
2009-2012 гг.**

Дата	Месяцы года			
	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1	2	3	4	5
2009				
1	2.2	3.1	3.1	5.1
2	2.2	3.1	3.1	6.1
3	1.1	3.1	4.1	4.2
4	1.1	3.1	4.1	4.2
5	2.1	3.3	6.2	4.2
6	3.1	3.3	6.2	6.2
7	4.1	5.1	3.1	4.2
8	1.1	5.2	6.1	5.1
9	3.1	5.2	4.2	4.2
10	3.1	5.2	4.2	4.2
11	5.1	5.2	4.2	5.2
12	5.1	5.2	4.2	5.2
13	5.1	1.2	5.1	6.4
14	6.1	1.2	2.1	6.4
15	6.4	2.1	3.1	6.3
16	6.2	1.3	3.1	5.2
17	6.2	2.2	3.1	5.1
18	5.2	1.4	5.1	4.1
19	6.1	6.2	4.2	5.2
20	6.1	6.2	3.3	-
21	6.1	6.2	5.1	5.1
22	6.1	6.1	5.1	5.2
23	6.1	6.2	5.1	6.1
24	6.3	6.2	3.3	6.1
25	6.4	6.1	4.2	5.2
26	6.3	3.1	6.3	5.2
27	6.1	3.3	6.2	5.2
28	6.1	3.2	6.2	3.2
29	6.1	3.3	5.1	6.3
30	6.1	3.1	5.1	1.4
31	5.2	-	5.2	5.1

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5
2010				
1	6.2	1.2	1.3	6.2
2	6.2	1.2	1.3	5.2
3	6.2	1.2	4.1	5.2
4	6.2	1.3	3.3	5.2
5	5.1	1.3	4.1	5.2
6	6.4	1.2	6.1	5.2
7	6.4	1.2	6.1	5.2
8	6.1	1.3	5.1	5.1
9	6.1	4.1	5.1	6.1
10	6.3	4.1	3.1	6.1
11	6.1	5.1	5.1	6.1
12	6.1	5.1	5.1	6.1
13	6.1	4.1	5.1	6.2
14	6.1	4.1	6.1	6.2
15	6.1	4.1	5.2	6.2
16	6.1	4.2	5.2	4.1
17	6.1	1.3	1.3	5.1
18	6.1	1.2	1.3	5.2
19	6.1	1.3	1.3	6.1
20	6.1	1.2	5.1	6.1
21	5.2	1.2	3.2	6.1
22	5.2	2.1	1.3	6.1
23	5.2	2.1	1.3	5.1
24	6.1	5.1	1.3	5.1
25	6.1	5.2	6.2	5.1
26	1.4	5.2	6.1	4.1
27	4.1	5.1	6.1	4.1
28	6.4	5.1	6.1	1.2
29	6.1	5.1	6.1	1.4
30	6.1	4.1	1.3	1.4
31	6.1	-	3.3	1.3

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5
2011				
1	2.2	1.3	5.2	1.4
2	2.2	1.3	6.1	1.4
3	2.2	6.1	6.3	1.4
4	2.1	6.1	6.3	1.1
5	3.1	6.1	2.1	1.1
6	3.2	4.2	2.1	6.3
7	3.2	6.2	5.2	1.1
8	4.2	6.2	6.2	1.2
9	3.2	6.2	6.2	-
10	3.2	6.2	6.2	6.4
11	3.2	6.2	5.1	6.3
12	6.3	6.2	5.1	2.1
13	1.2	6.3	3.3	2.1
14	6.3	6.2	1.3	1.4
15	6.3	6.2	5.1	1.4
16	6.2	6.2	5.1	3.1
17	2.1	4.2	5.1	5.1
18	6.3	3.1	6.1	5.2
19	1.3	4.2	6.3	4.2
20	6.4	4.2	6.3	4.2
21	6.1	3.1	6.3	4.2
22	4.2	3.1	6.1	3.3
23	6.3	5.2	4.2	3.1
24	2.1	5.2	6.1	3.1
25	4.2	5.2	6.1	3.3
26	4.2	5.1	6.1	3.3
27	4.2	5.1	4.1	3.3
28	3.1	5.1	4.1	3.3
29	3.1	2.1	5.1	3.3
30	4.2	5.1	5.1	3.3
31	4.2	-	6.1	1.1

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5
2012				
1	6.3	1.1	3.3	1.4
2	3.1	2.2	3.3	3.3
3	3.1	1.1	3.3	3.3
4	3.3	1.2	2.1	3.3
5	1.1	1.2	1.3	3.2
6	2.2	6.1	1.3	2.2
7	6.4	2.2	1.3	1.1
8	6.3	1.1	1.3	1.2
9	6.3	6.4	3.2	6.2
10	4.2	6.2	3.3	1.1
11	4.2	6.2	3.3	1.2
12	4.2	4.1	4.1	4.2
13	1.1	4.1	4.1	6.2
14	2.2	3.3	3.3	3.3
15	6.3	1.2	3.3	1.2
16	6.3	1.2	3.1	1.2
17	3.1	4.1	3.1	6.1
18	4.2	1.2	3.1	6.1
19	4.2	6.4	3.3	3.2
20	2.2	6.3	1.1	3.2
21	2.2	4.1	4.2	3.2
22	2.2	4.1	3.3	3.3
23	2.2	1.1	3.3	1.3
24	6.4	1.1	3.1	2.1
25	6.1	3.3	3.1	2.2
26	5.2	1.2	3.1	2.2
27	5.2	3.3	3.3	1.1
28	1.3	3.3	1.3	6.4
29	5.2	3.3	1.3	6.3
30	5.2	3.3	1.3	6.1
31	5.2	-	3.3	6.3

Приложение: «-» означает отсутствие данных.

Таблица Б.3

**Повторяемость (%) типов ЭЦМ типов над востоком
Украины.1993-2007 гг.**

Типы ЭЦМ	Месяцы											
	I			IV			VII			X		
	1993- 1997	1998- 2002	2003- 2007									
1	0,0	4,5	6,4	0,7	1,3	2,7	0,0	0,0	0,0	1,3	3,9	0,6
2	0,0	0,6	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
3	0,0	1,9	0,0	1,3	3,4	4,0	5,2	6,5	8,4	0,0	1,3	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,7	2,6	3,3	1,9	2,6	9,7	1,3	1,3	0,0
5	2,6	0,0	8,4	2,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	1,3
6	3,2	3,2	0,0	2,6	2,0	4,7	6,5	0,6	2,6	2,6	4,5	0,0
7 аз, ал	3,9	0,0	1,3	2,0	2,6	3,3	0,0	1,3	1,3	2,6	3,9	0,0
7 бз, бл	3,2	3,9	1,3	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	1,3
8 а, б	2,6	0,0	1,9	2,0	3,3	7,3	0,0	1,9	5,8	1,3	1,3	9,0
8 в	0,0	0,0	2,6	2,0	0,0	2,0	0,0	3,9	1,9	1,3	0,0	0,0
8 гз, гл	0,0	2,6	0,0	1,3	1,3	4,7	0,0	0,0	2,6	9,0	2,6	9,7
9 а	0,0	0,6	0,0	3,4	8,0	9,3	12,9	12,3	15,5	4,5	1,3	2,6
9 б	0,0	1,3	0,0	1,3	4,7	1,3	0,0	0,0	0,0	4,5	0,6	6,4
10 а	4,5	6,5	2,6	4,7	1,3	2,7	1,3	0,0	0,0	1,3	5,2	0,0
10 б	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	13,5	4,5	9,7	0,0	1,3	0,0
11 а	17,4	5,8	9,7	2,6	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1,9	3,9	1,3
11 б	3,2	7,7	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,3
11 в	6,5	4,5	2,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,9	0,0
11 г	3,9	5,2	5,8	6,7	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	3,2	4,5	1,3
12 а	3,9	7,7	1,9	16,0	23,4	18,0	2,6	5,2	5,2	9,0	14,9	18,7
12 бз	3,2	9,7	9,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	5,8	7,7
12 бл	0,0	1,3	0,0	22,0	6,7	8,7	2,6	0,0	4,5	0,0	0,0	3,9
12 вз, вл	7,1	1,9	4,5	6,0	3,3	1,3	0,6	7,7	0,0	1,9	3,2	3,8
12 г	0,6	1,3	5,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	2,6	5,8
13 з	34,2	24,0	31,6	12,0	4,0	1,4	0,0	0,0	0,0	36,2	32,9	25,2
13 л	0,0	5,8	0,0	4,0	26,0	21,4	52,9	53,5	30,9	2,6	0,0	0,0

Типы синоптических ситуаций с соответствующими характеристиками параметрами Кц [35]

№	Тип синоптической ситуации	Кц
1.	Центр антициклона, западная, северно-западная и северно-восточная периферии антициклона.	3
2.	Восточная, южная, и юго-западная периферии антициклона. Поле повышенного давления.	4
3.	Передняя часть ложбины. Теплый сектор с условиями формирования тумана, гололеда, мороси.	5
4.	Гребни, северная и северо-восточные периферии антициклона.	6
5.	Поле пониженного давления, седловина, ложбина.	7
6.	Теплый фронт, фронт окклюзии.	8
7.	Холодный фронт, тыл циклона.	9
8.	Южный циклон.	10

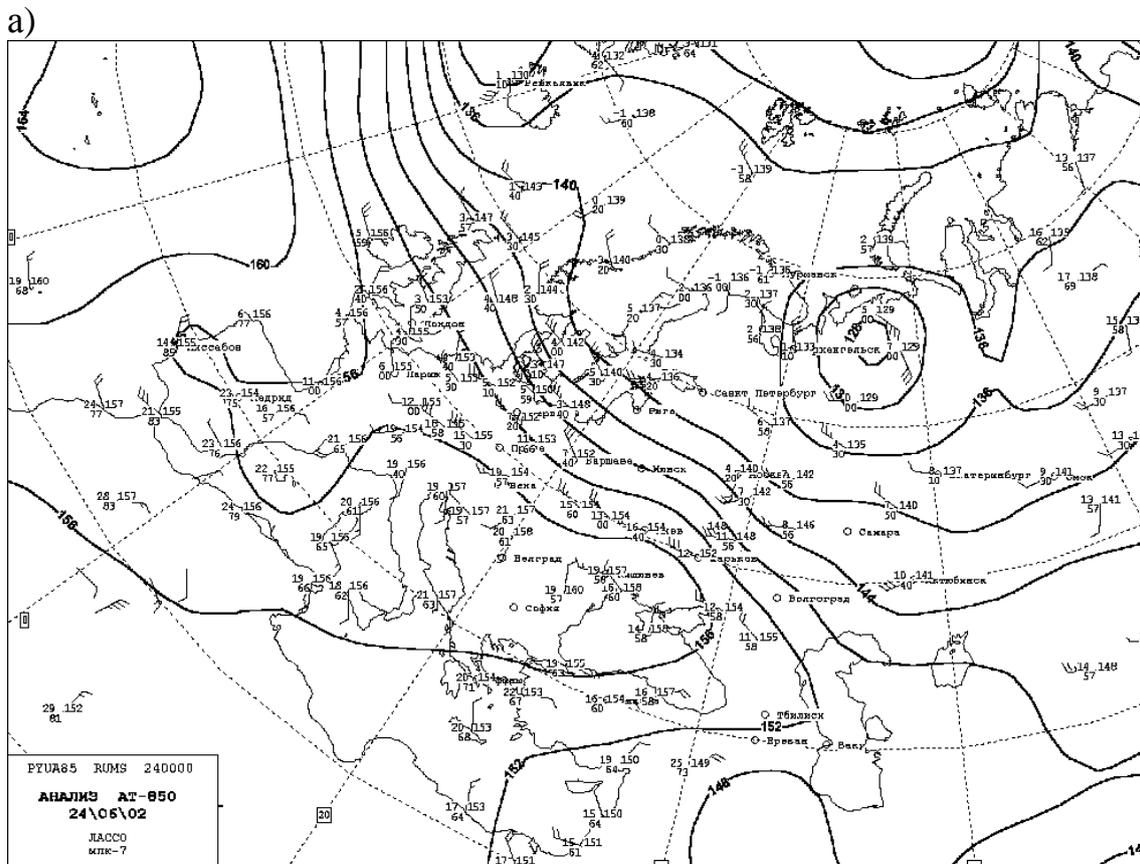
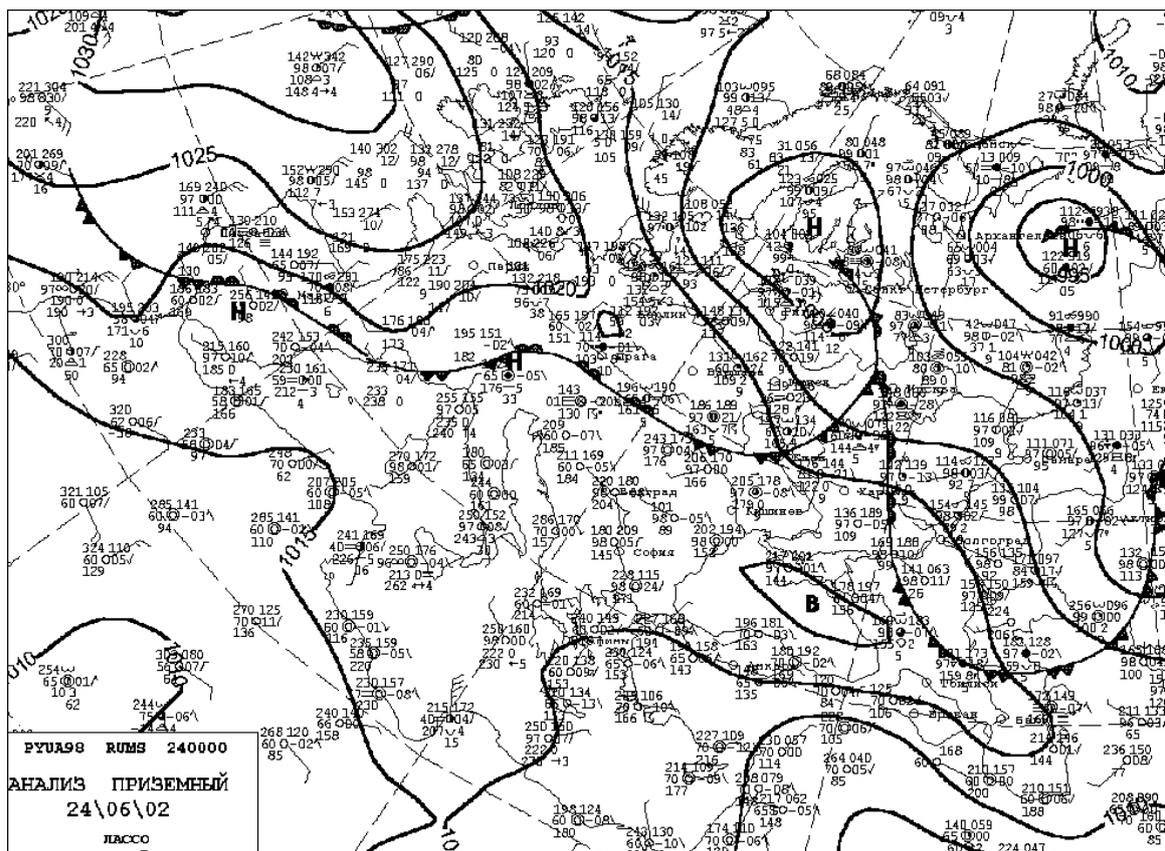
Таблица Б. 5

**Количество случаев сильного ветра
над территорией востока Украины**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Станция									
Донецкая область									
Дебальцево		24.11	8.11- 9.11	8.10- 9.10	3.12	16.04 18.04 19.04		28.02 -1.03	18.06
Артемовск						17.06			
Амбросеевка						16.04 - 18.04 19.04		28.02 6.03 13.03	
Мариуполь						19.04			
Донецк							24.08	28.02	
Красноармейск									
Днепропетровская область									
Синельниково		23.02							
Комиссаровка			24.07	23.07	25.03				
Павлоград				21.06					22.07
Днепропетровск	09- 10.10								
Чаплино	19.04								
Луганская область									
Беловодск		24.11							
Дарьевка		27.12				18.04	30.01		
Троицкое				16.06					
Новопсковское					17.09				
Харьковская область									
Харьков				5.06					19.05
Коломак	10.07								
Золочев						10.10			
Купянск						10.10	20.11		

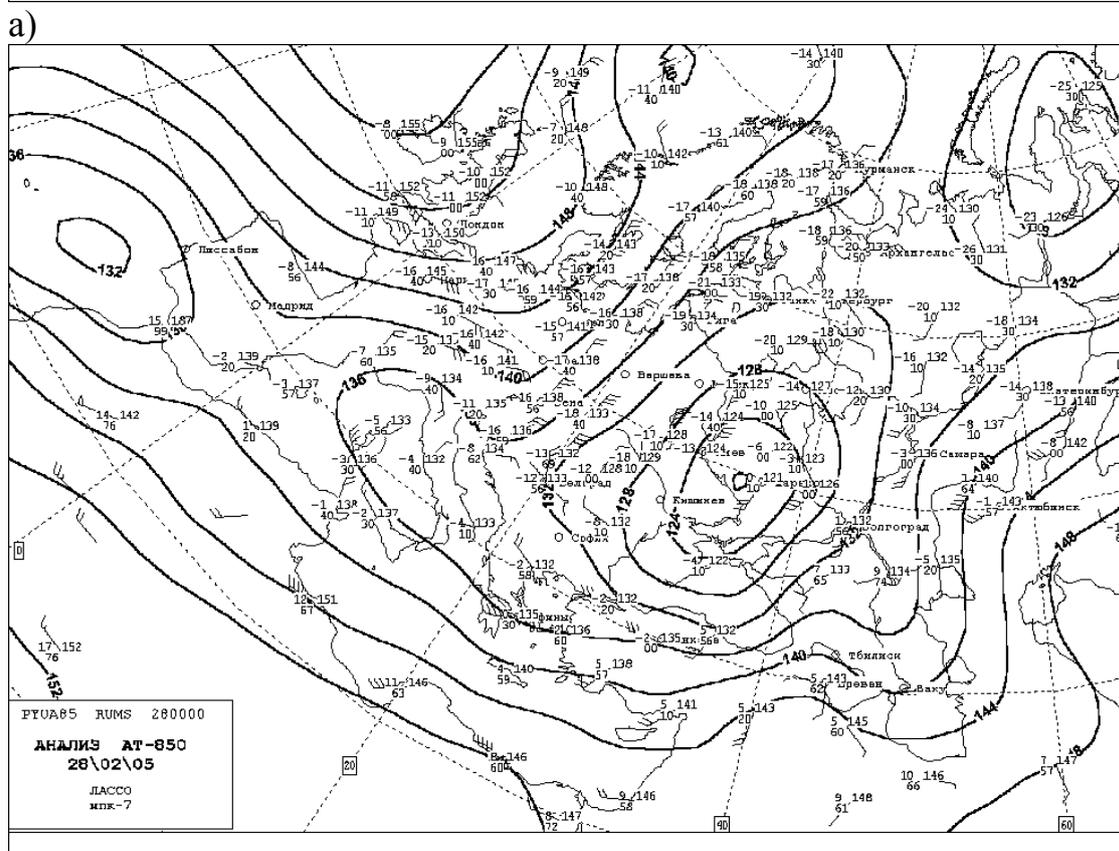
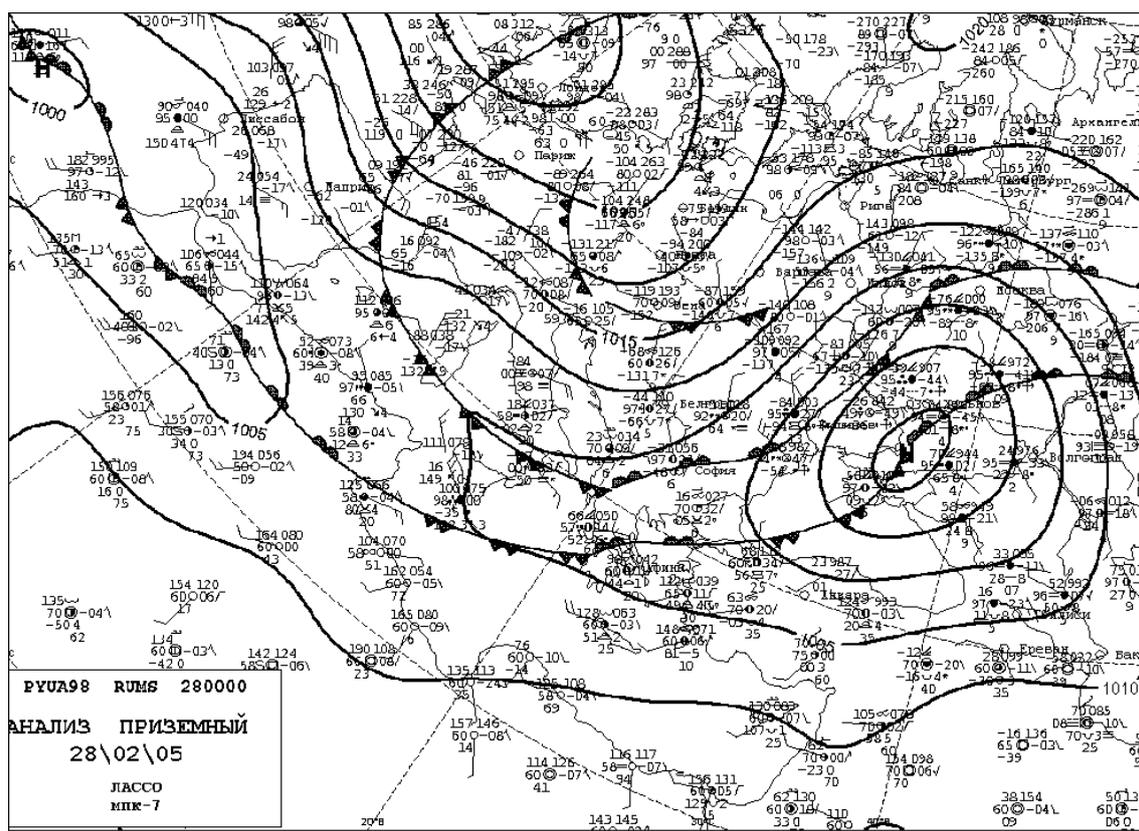
**Количество случаев сильных метелей
над территорией востока Украины**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Станция									
Донецкая область									
Дебальцево		23.11 - 25.11				8.02- 9.02		27.01- 28.01 28.02- 11.03	
Артемовск			24.11						
Мариуполь					12.12- 14.12				
Донецк				24.01				26.01- 27.01	
Днепр. область									
Губиниха			24.11- 25.11						
Комиссаровка									20.01
Днепропетровск			22.01						19.01- 20.01
Чаплино			24.11- 25.11					30.01- 31.01	8.03- 9.03
Луганская область									
Луганск		24.11							
Дарьевка		5.02 24.11	21.01- 22.01					27.01- 28.01	
Харьковская область									
Харьков		24.11							
Богодухов		24.11							
Комсомольск		24.11							
Красноград		24.11 - 25.11							
Лозовая		24-25							
Изюм, Купянск, Вел. Бурлук		24.11 - 25.11							



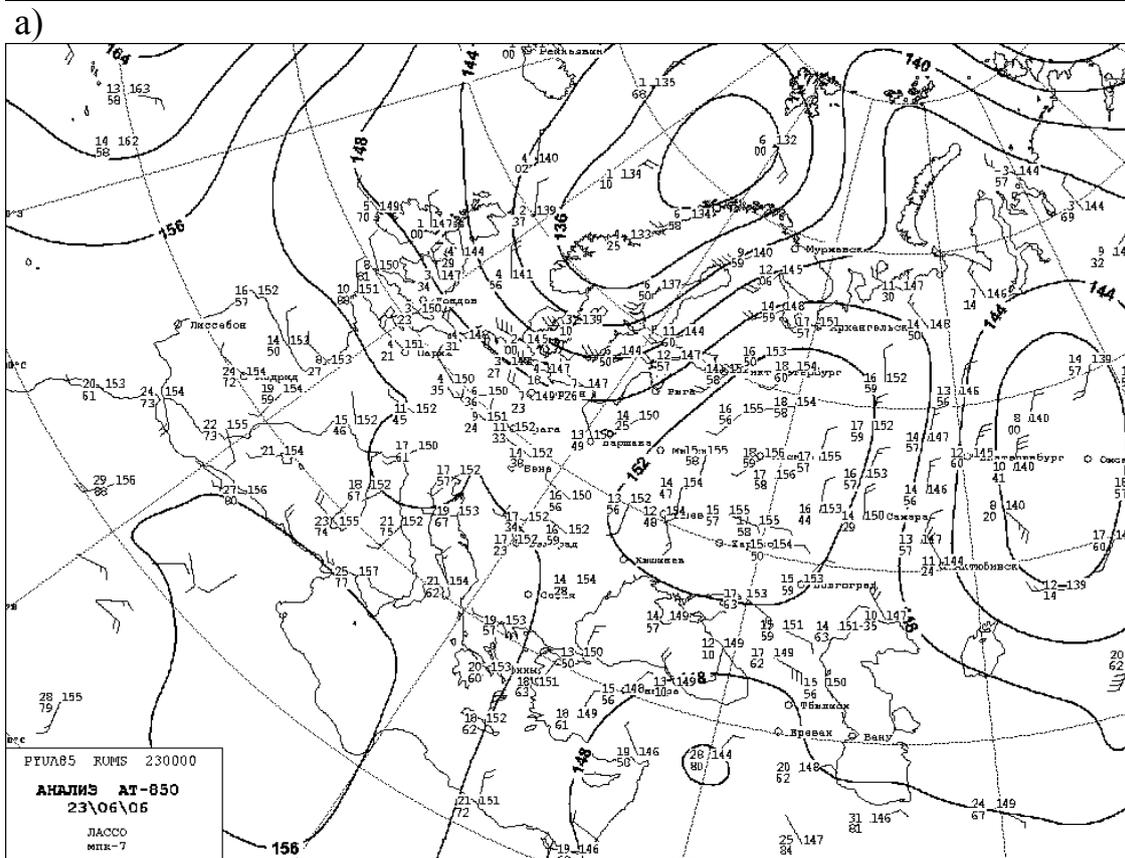
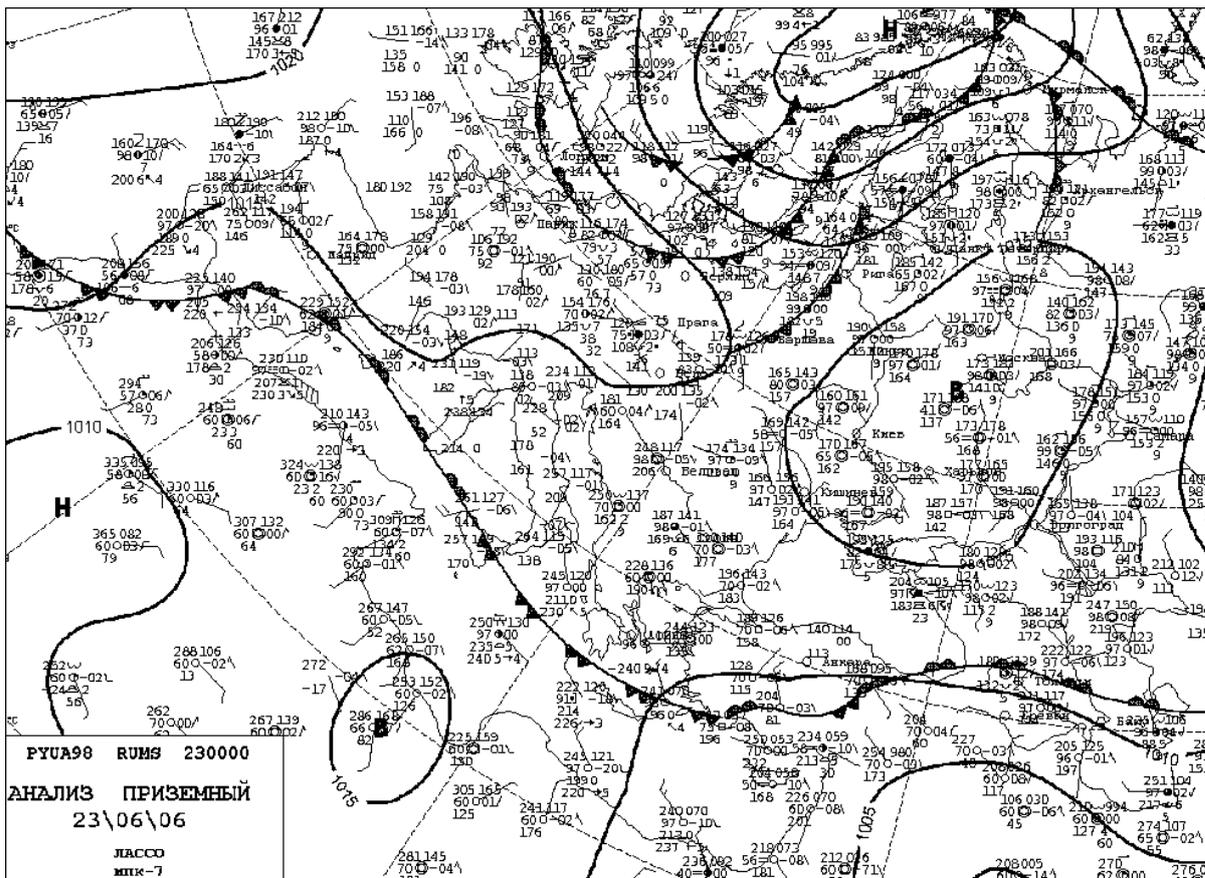
б)

Рис. Б. 1. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 24.06. 2002.

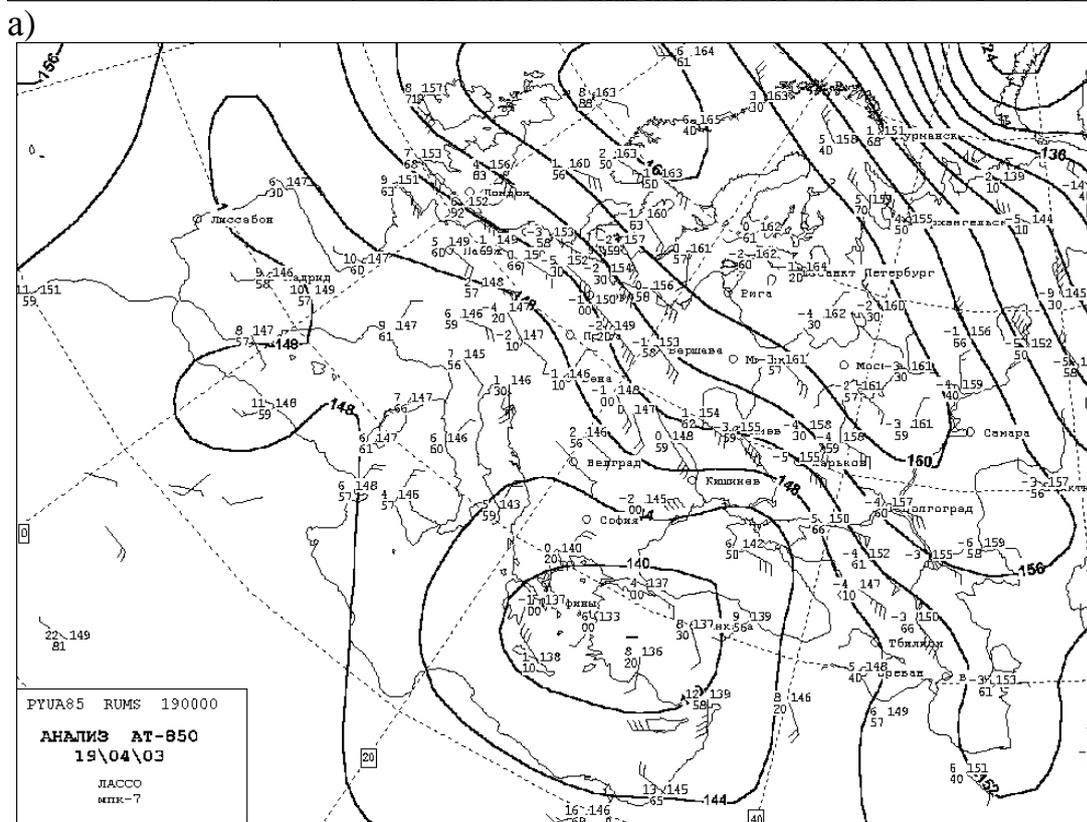
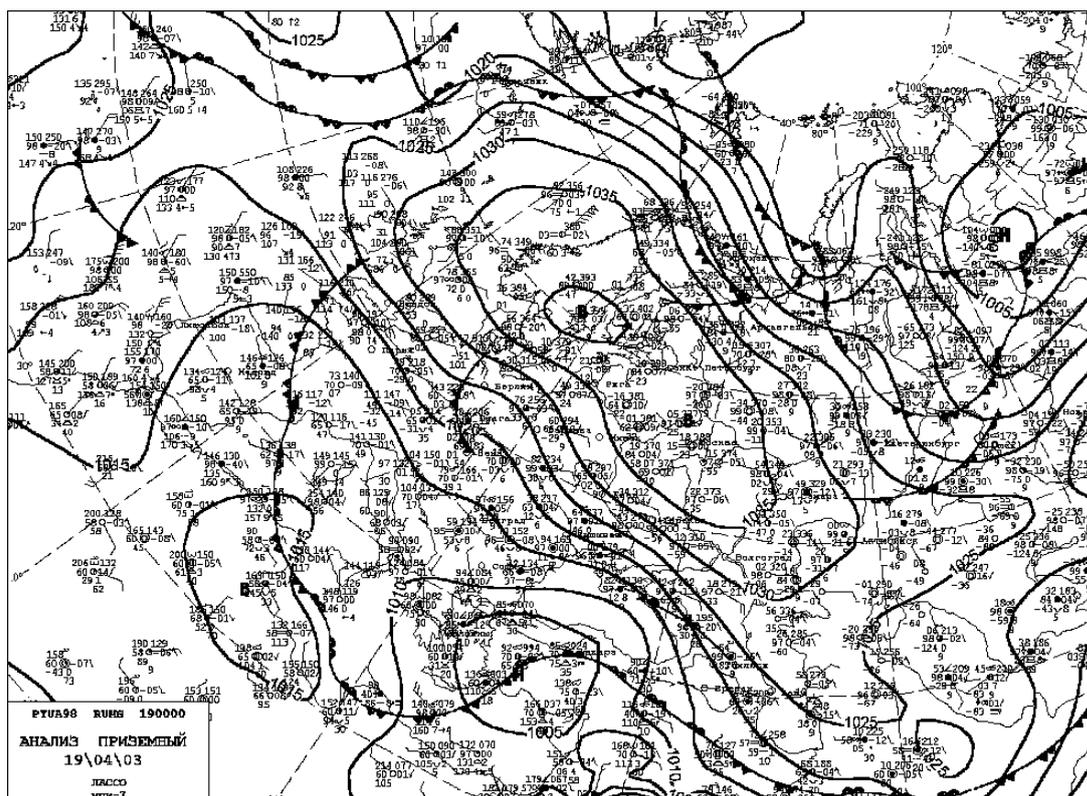


б)

Рис. Б. 2. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 28.02.2005

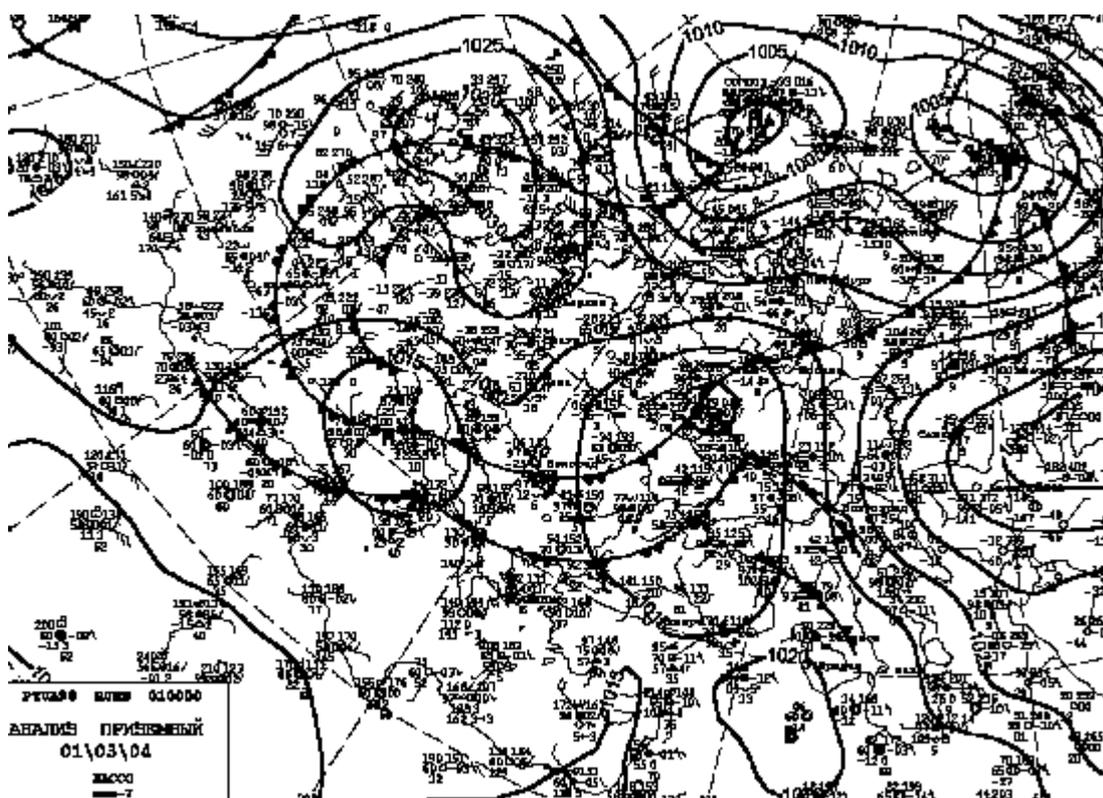


б)
 Рис. Б. 3. Карты а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 23.06.2006

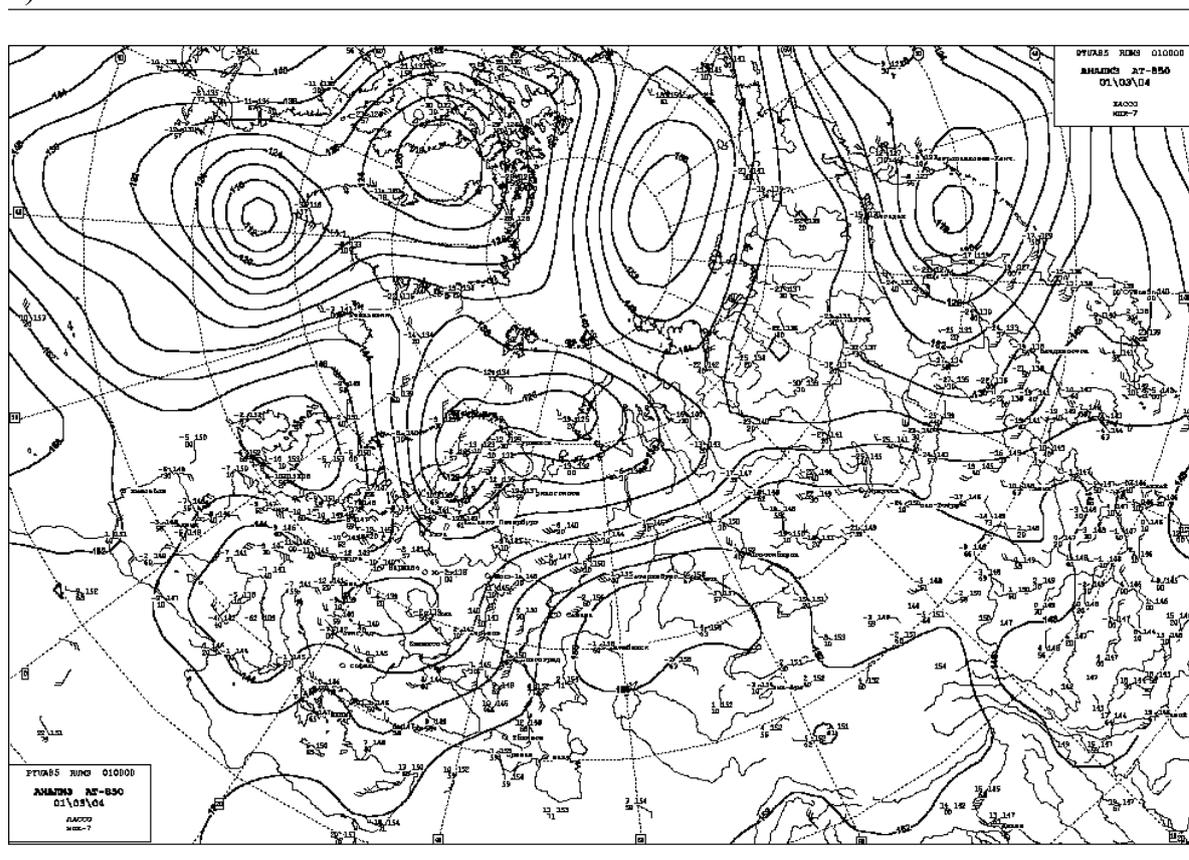


б)

Рис. Б. 4. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 19.04. 2003.

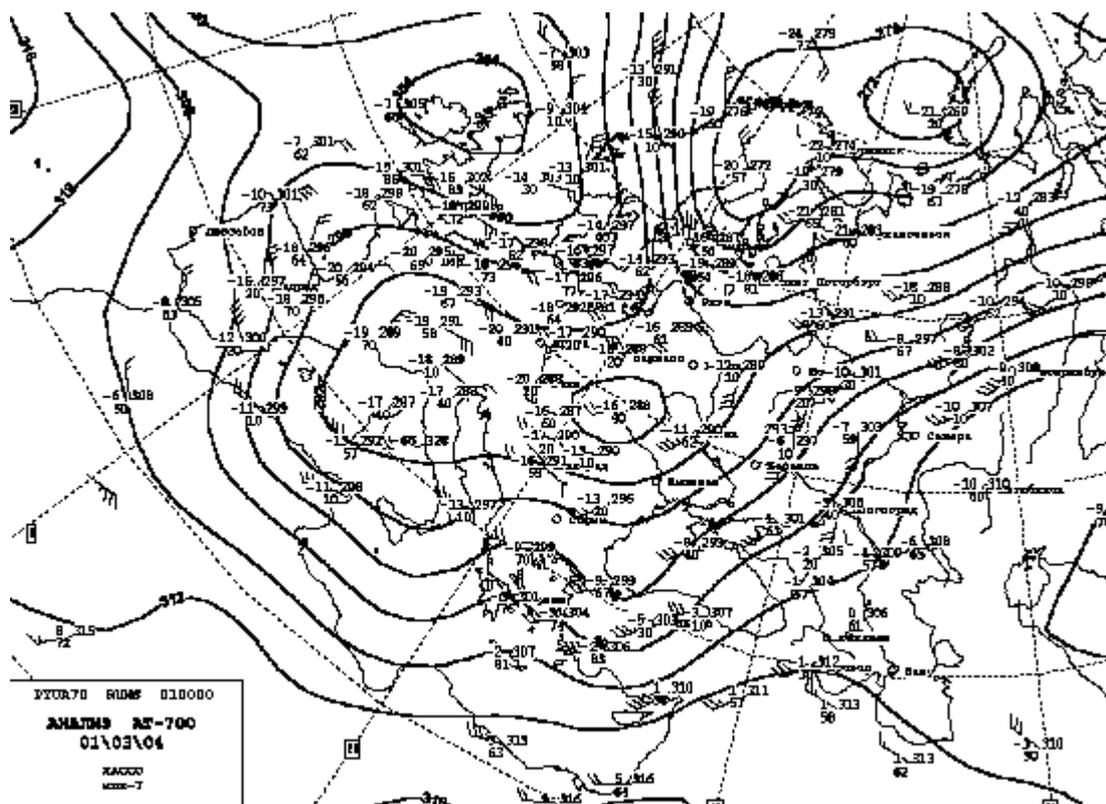


а)

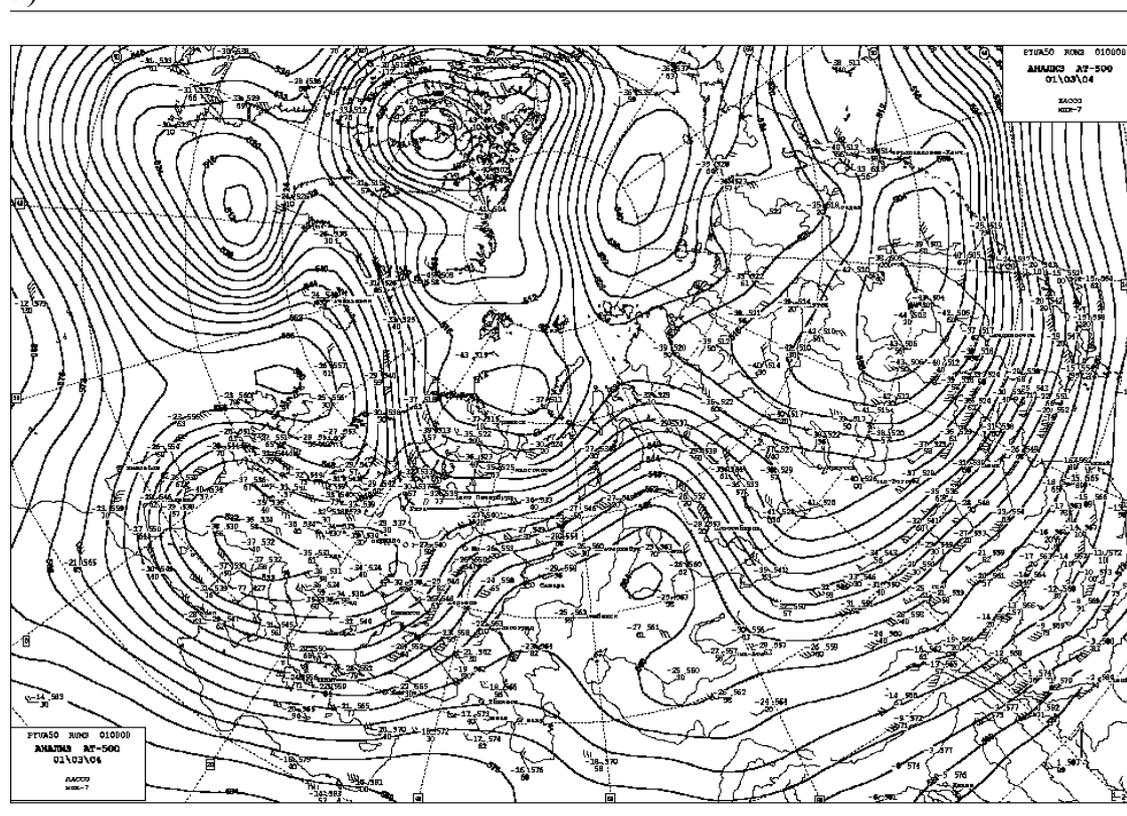


б)

Рис. Б. 5. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 01.03. 2003

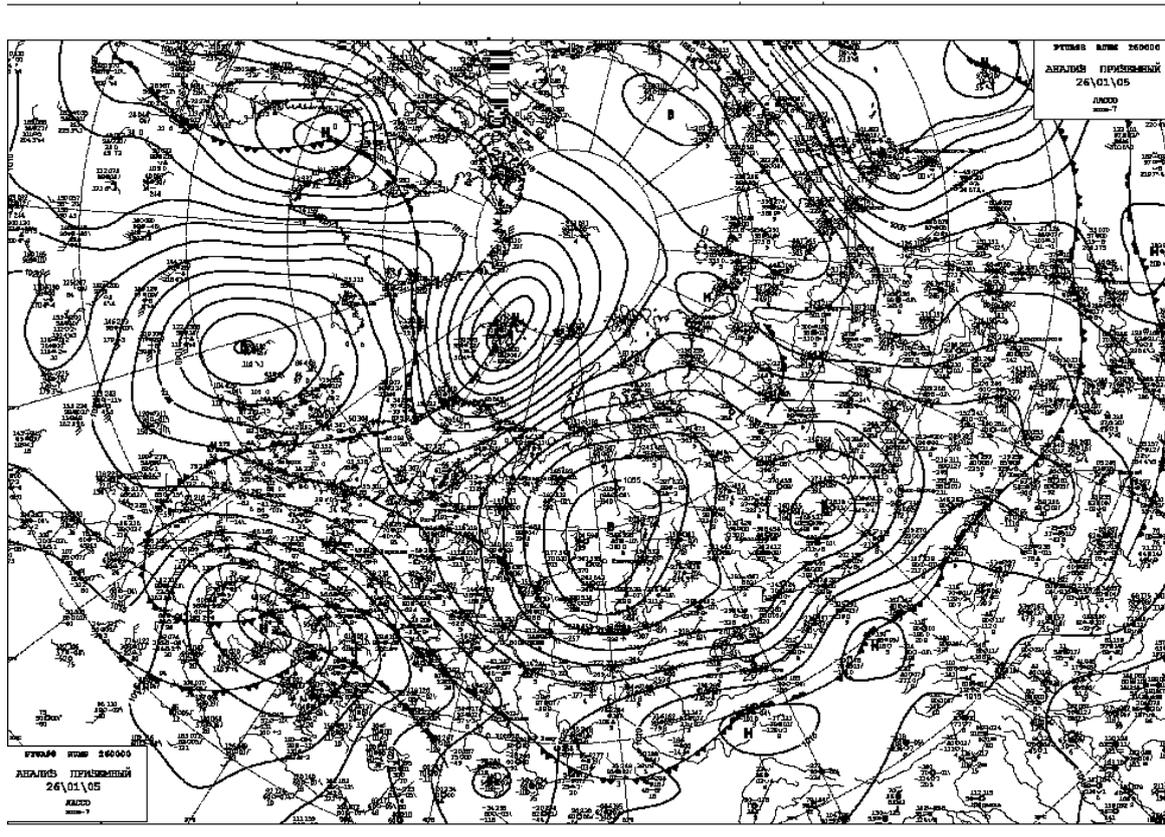


а)

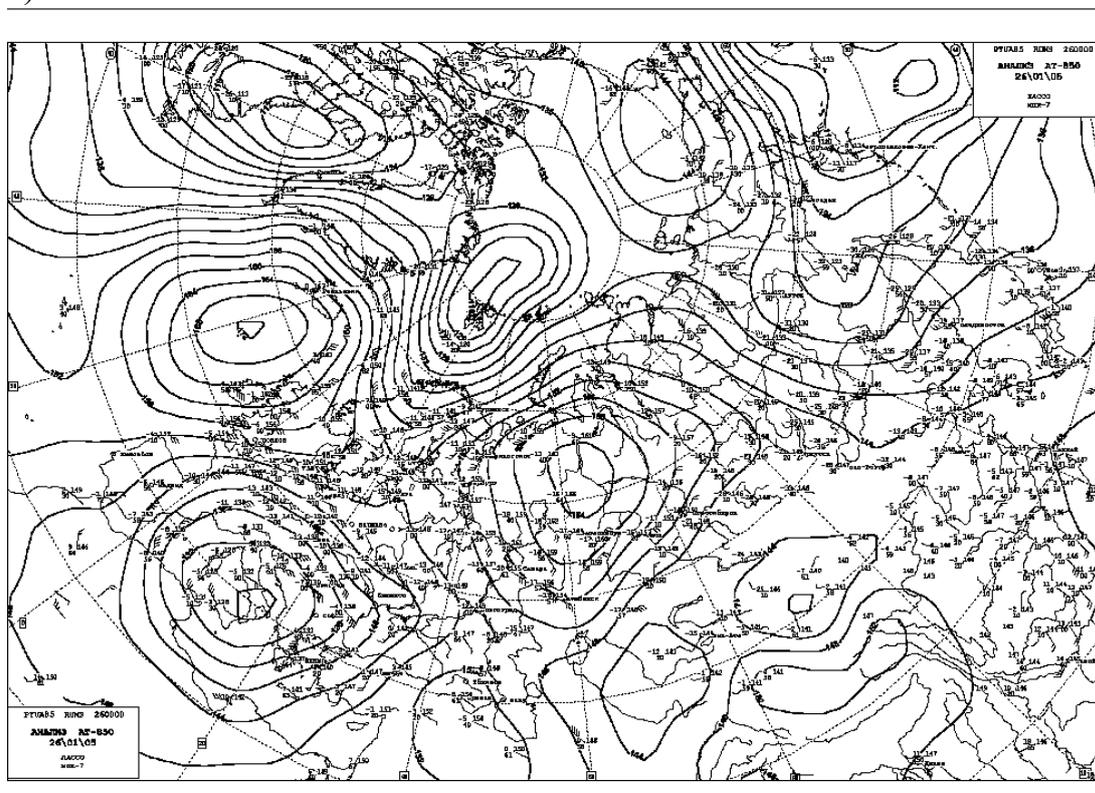


б)

Рис. Б. 6. Карты: а) АТ-700; б) АТ-500 за срок 00 UTC 01.03. 2003

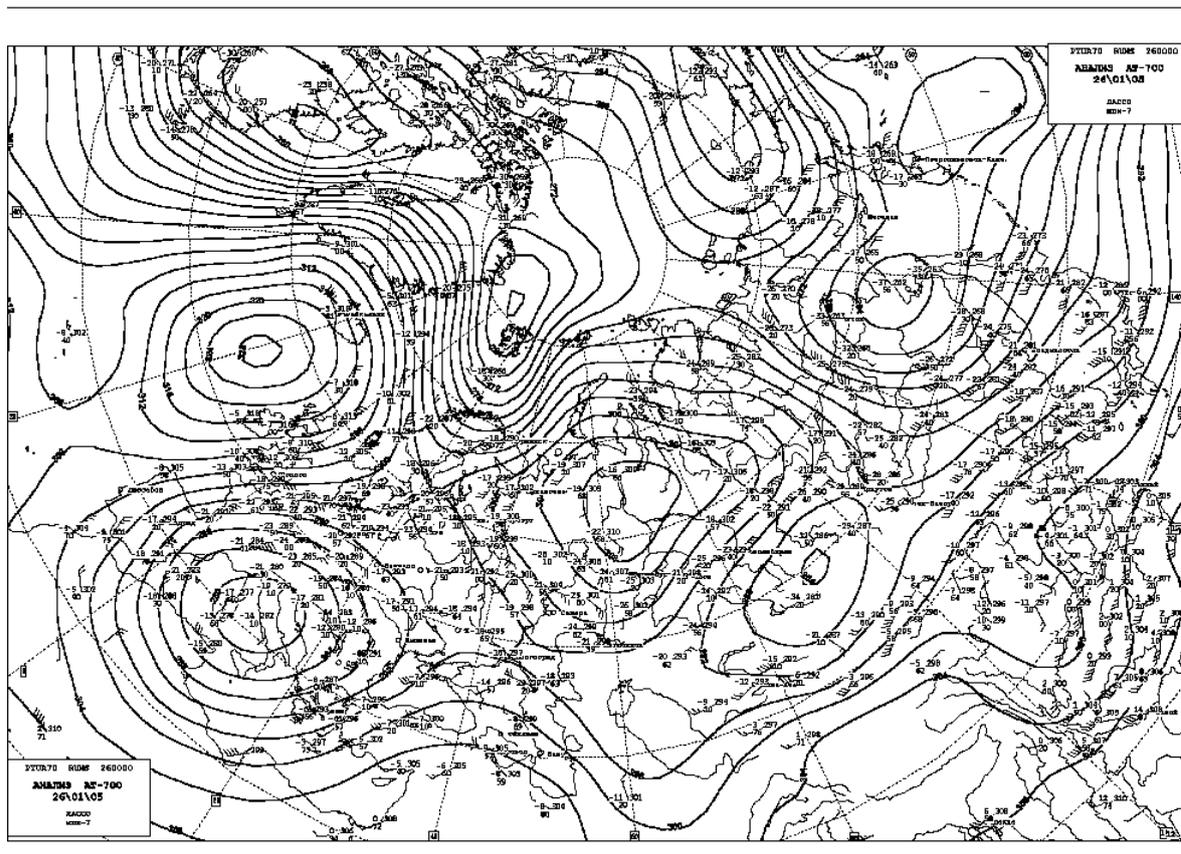


а)

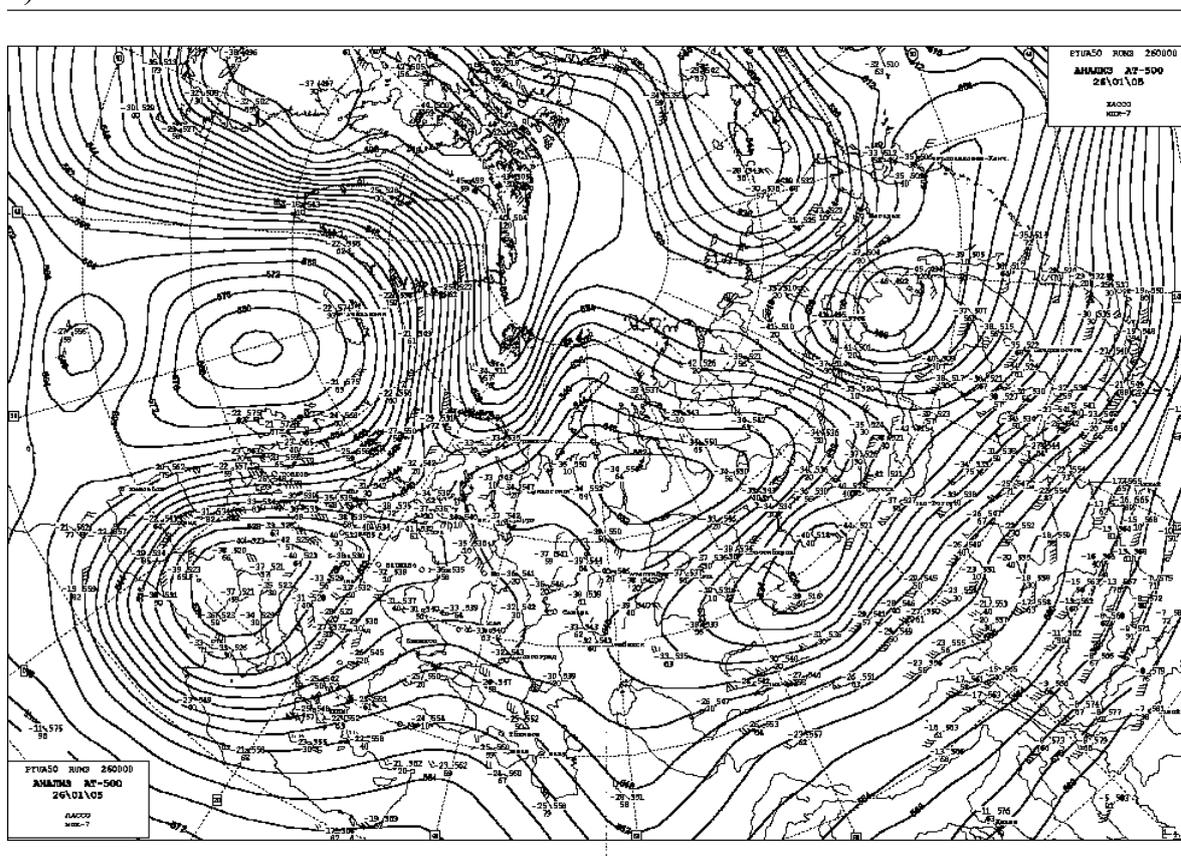


б)

Рис. Б. 7. Карты а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 26.03. 2005

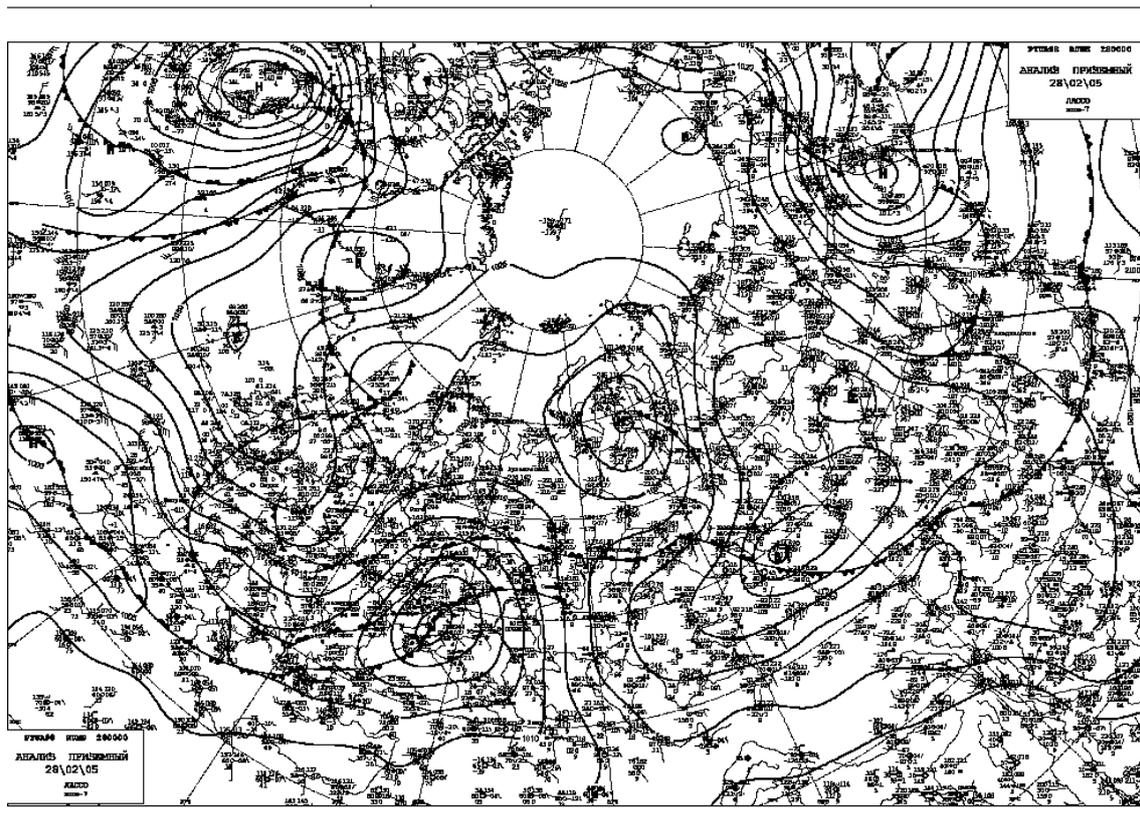


a)

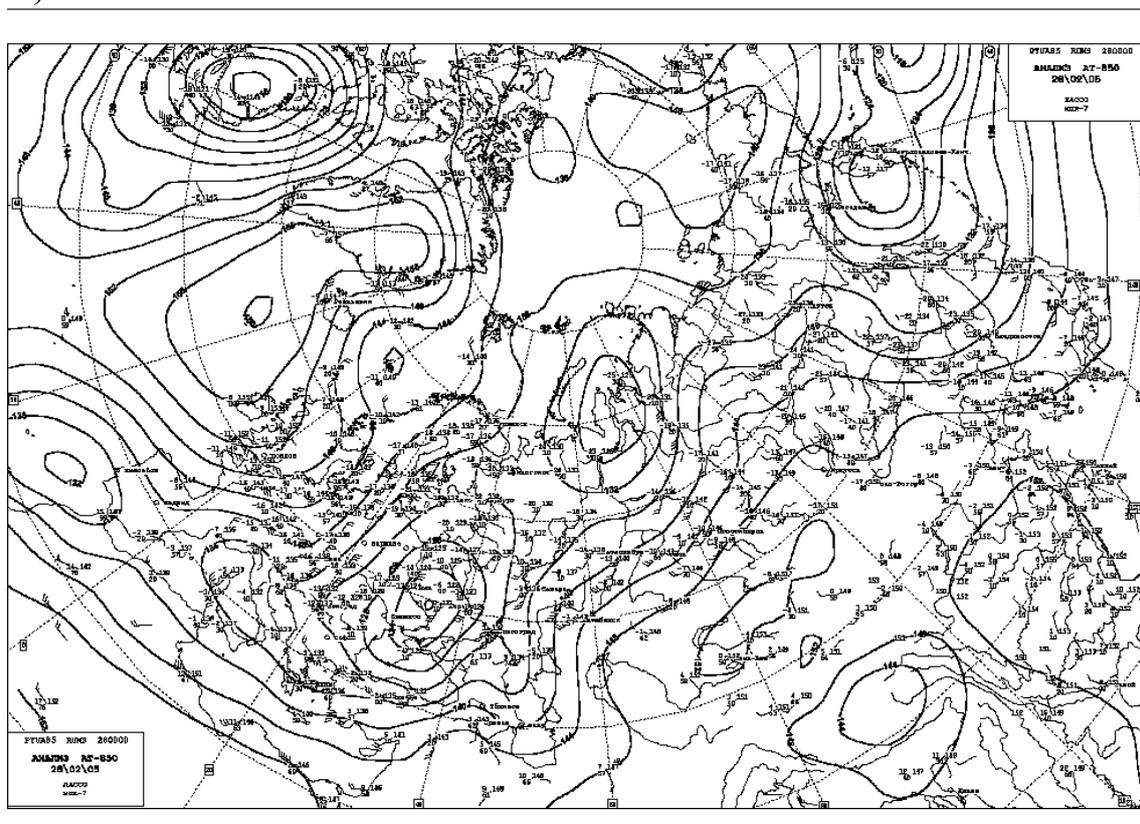


б)

Рис. Б. 8. Карты: а) АТ-700; б) АТ-500 за срок 00 UTC 26.01.2005

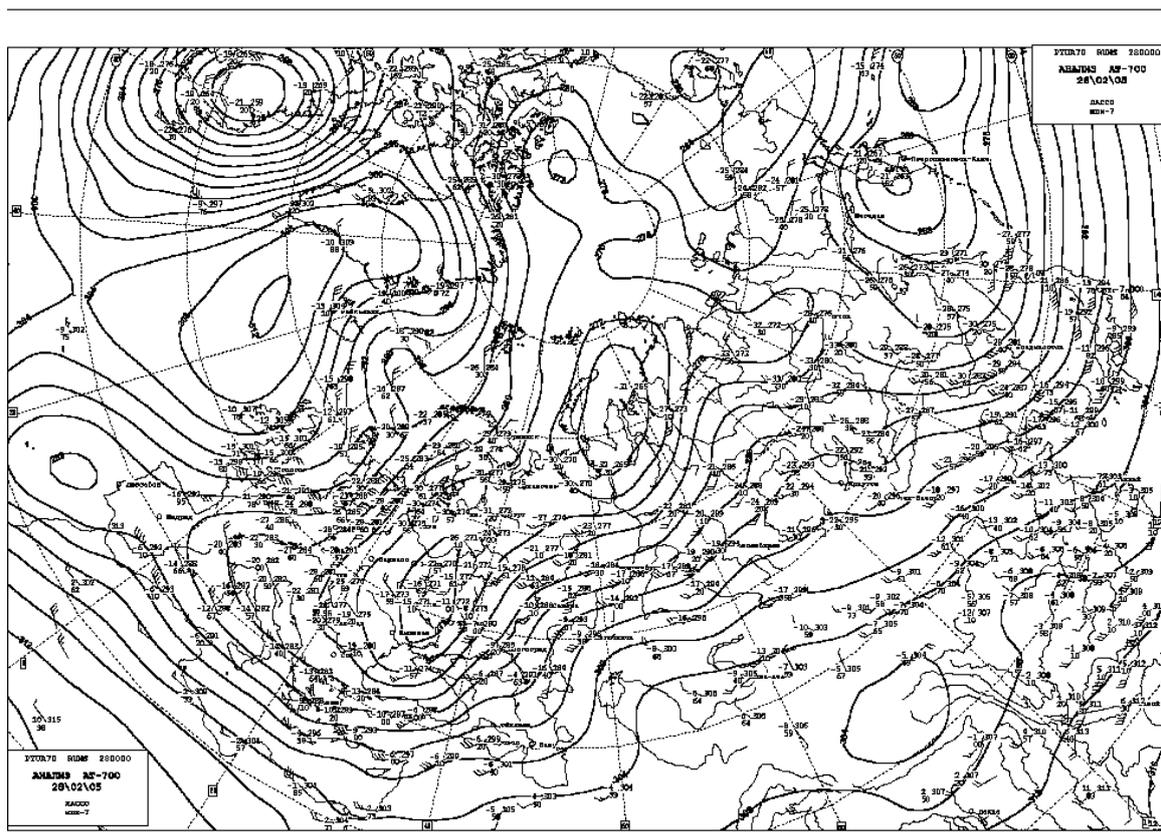


а)

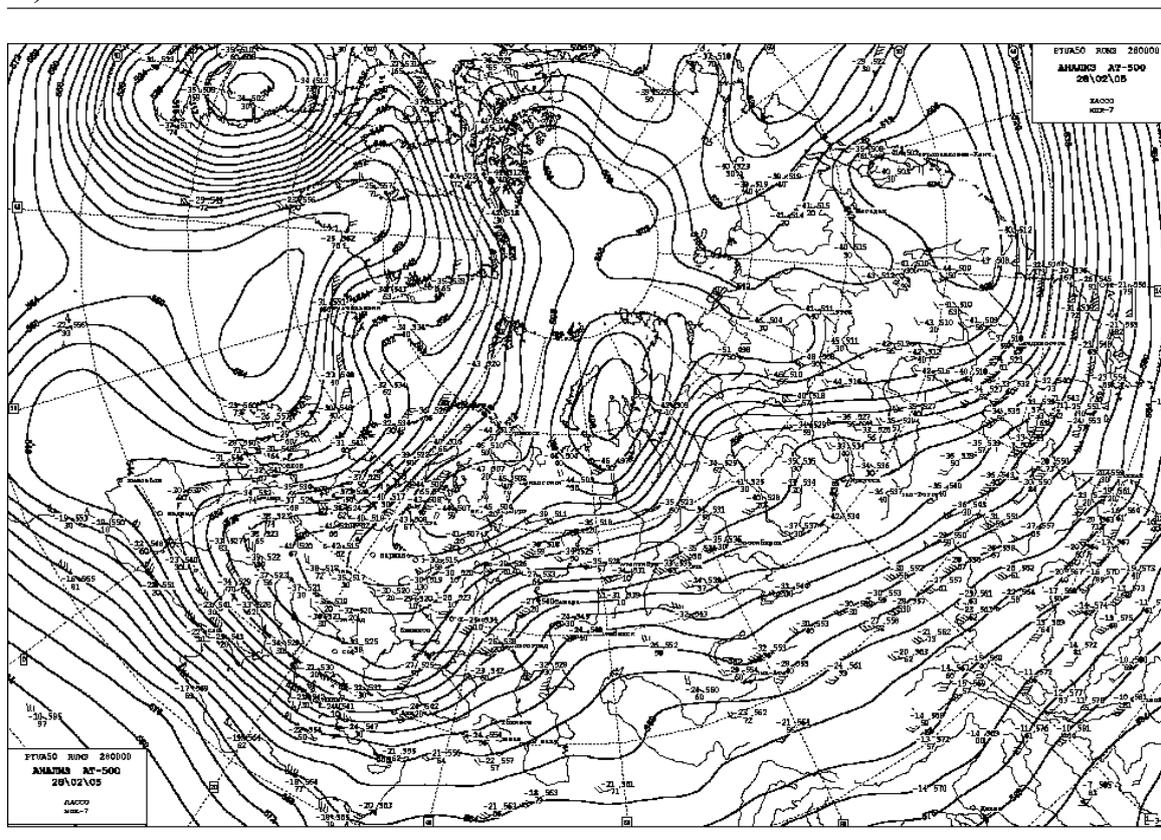


б)

Рис. Б. 9. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 28.02. 2005

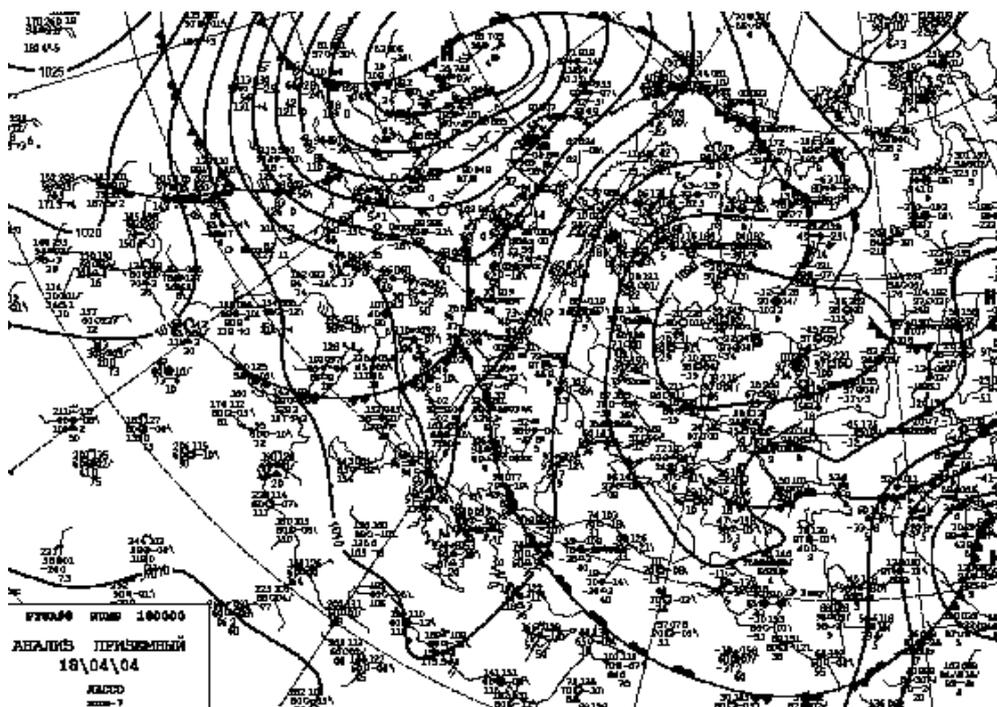


а)

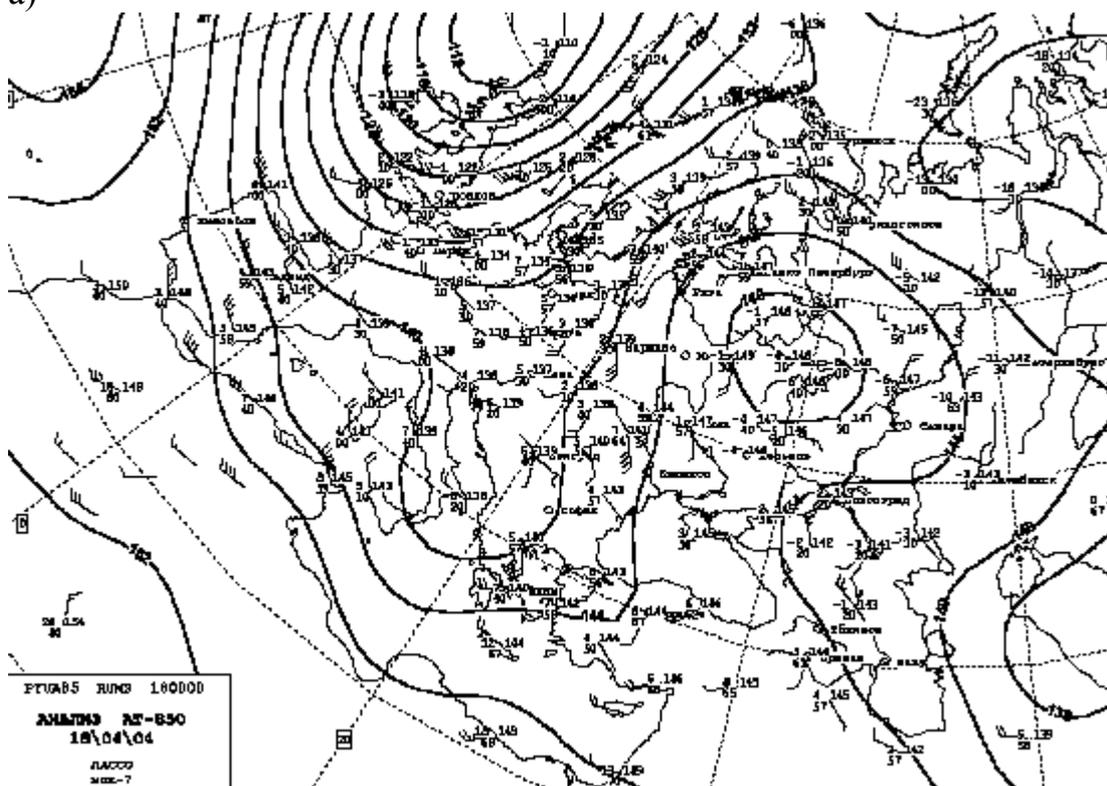


б)

Рис. Б. 10. Карты: а) АТ-700; б) АТ-500 за срок 00 UTC 28.02.2005

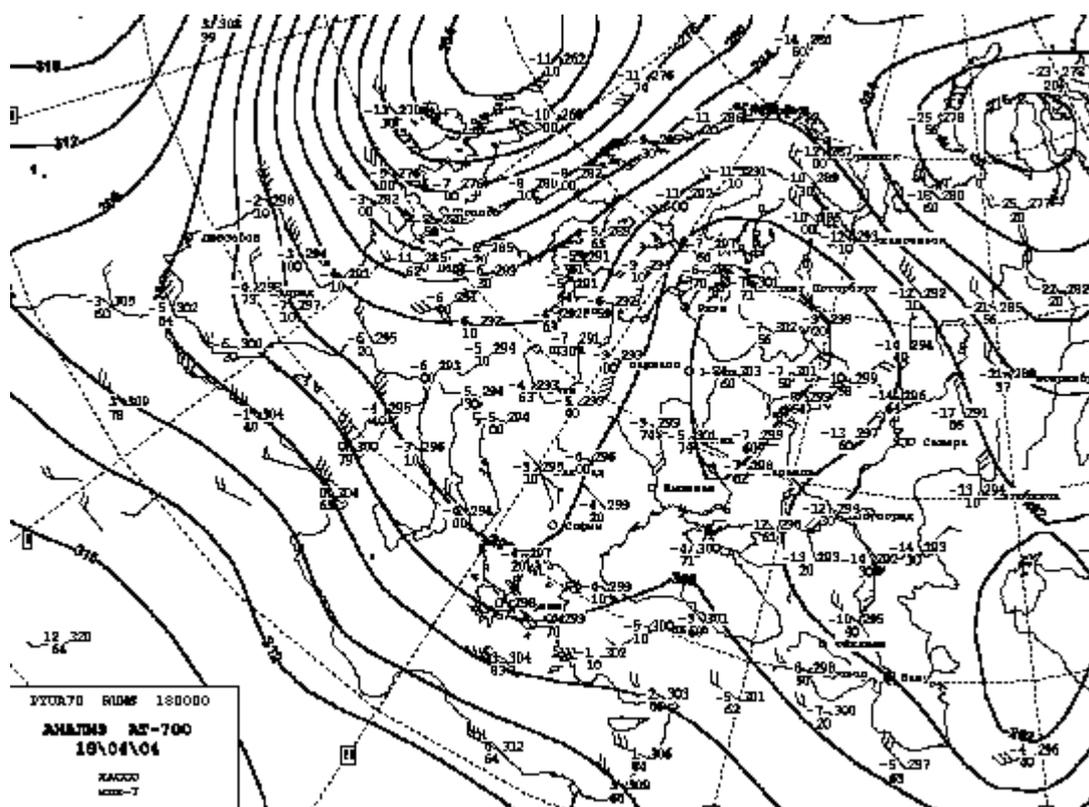


а)

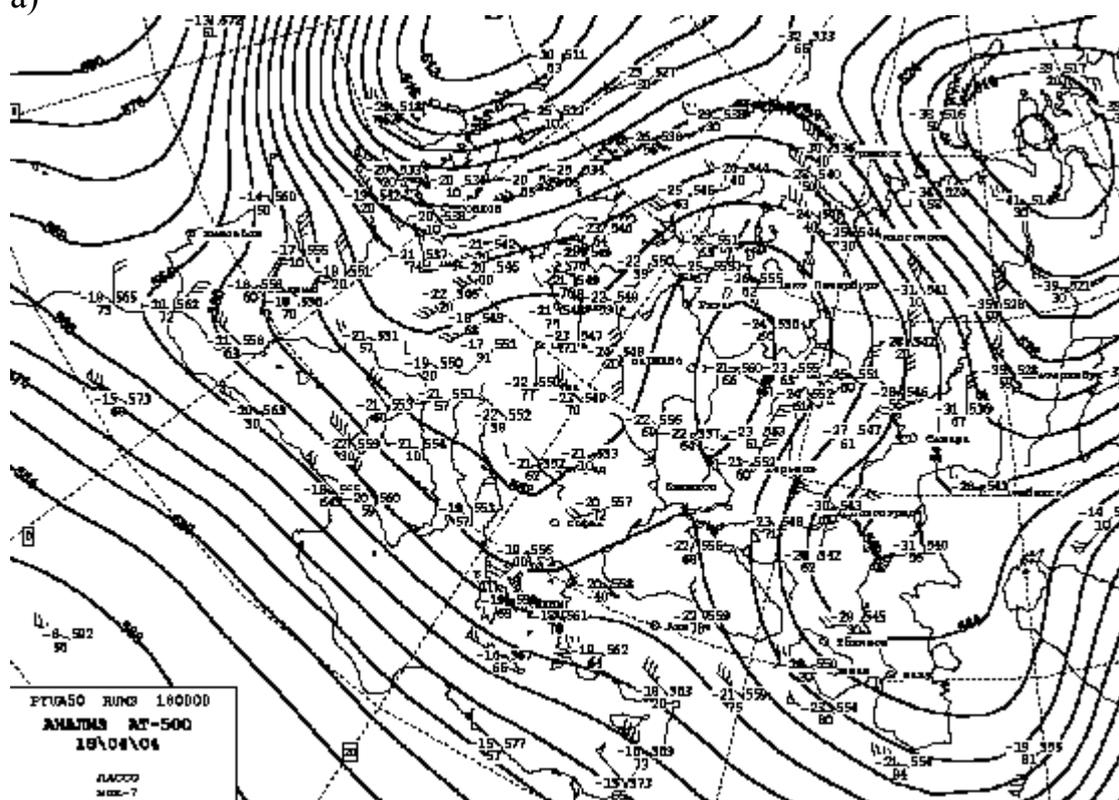


б)

Рис. Б. 11. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-850 за срок 00 UTC 18.04.2004

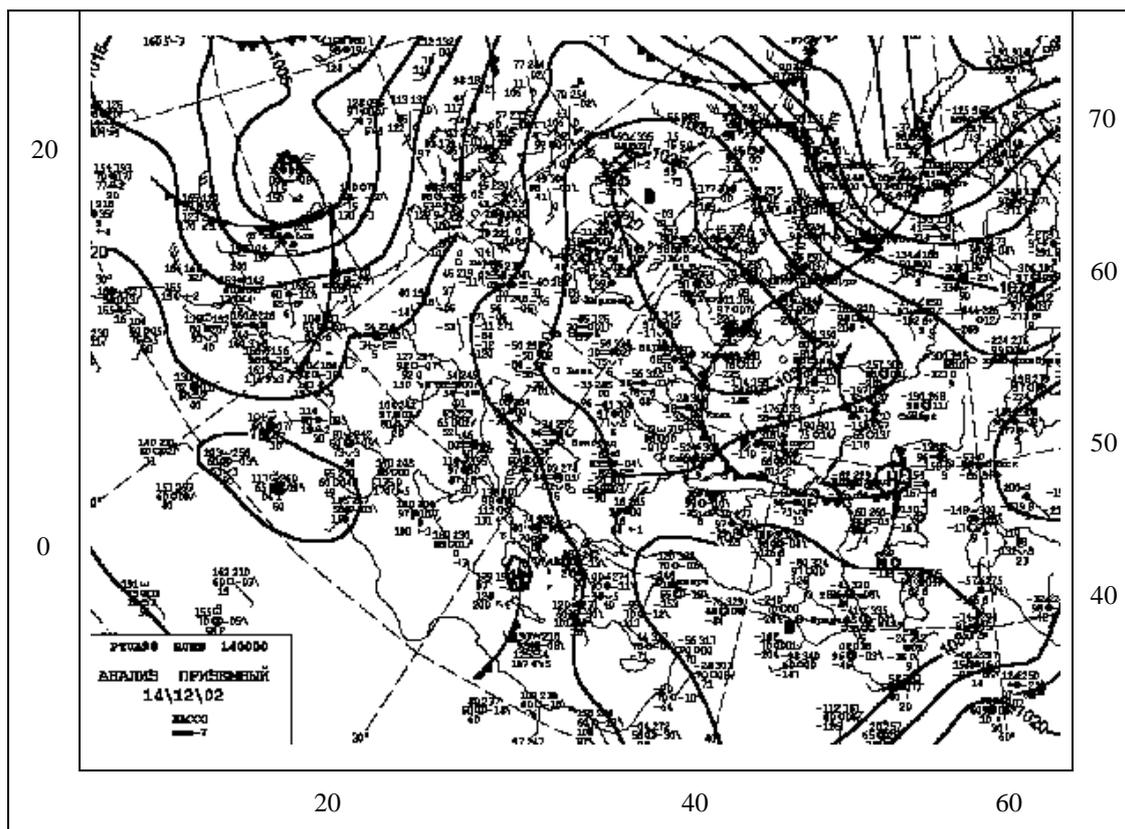


a)

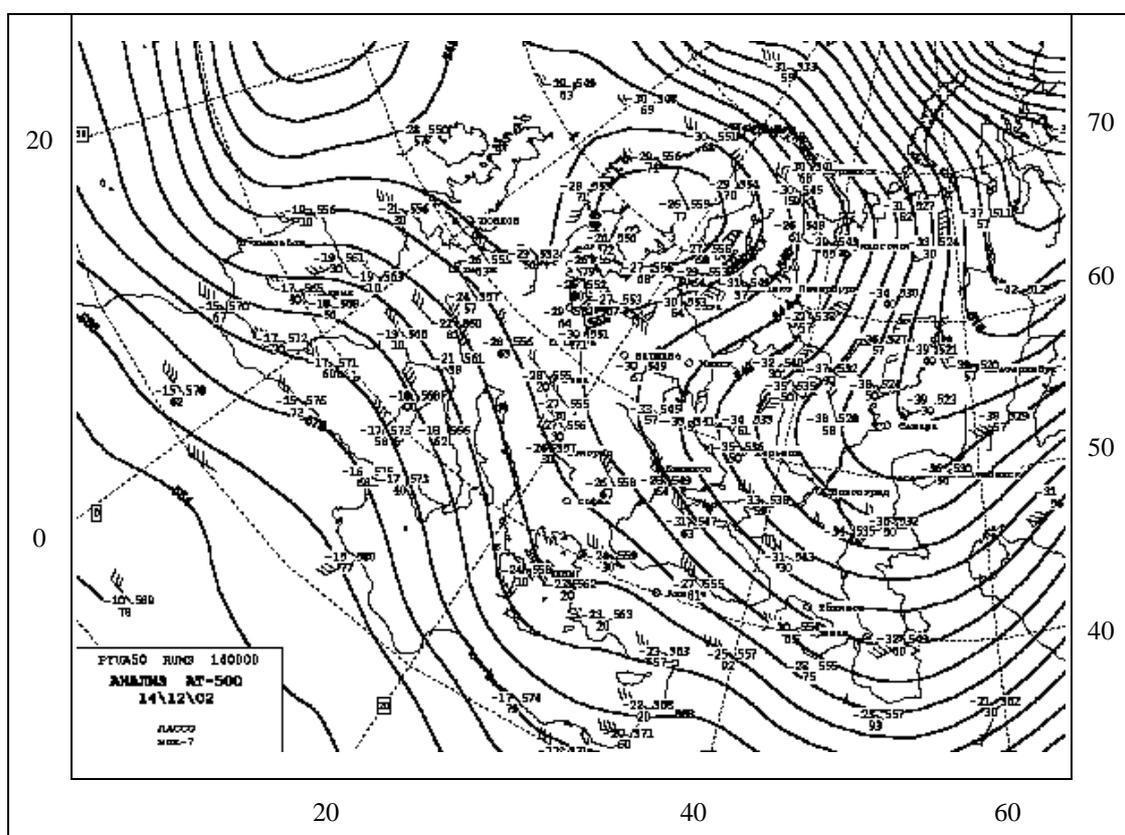


б)

Рис. Б. 12. Карты а) АТ-700; б) АТ-500 за срок 00 UTC 18.04.2004



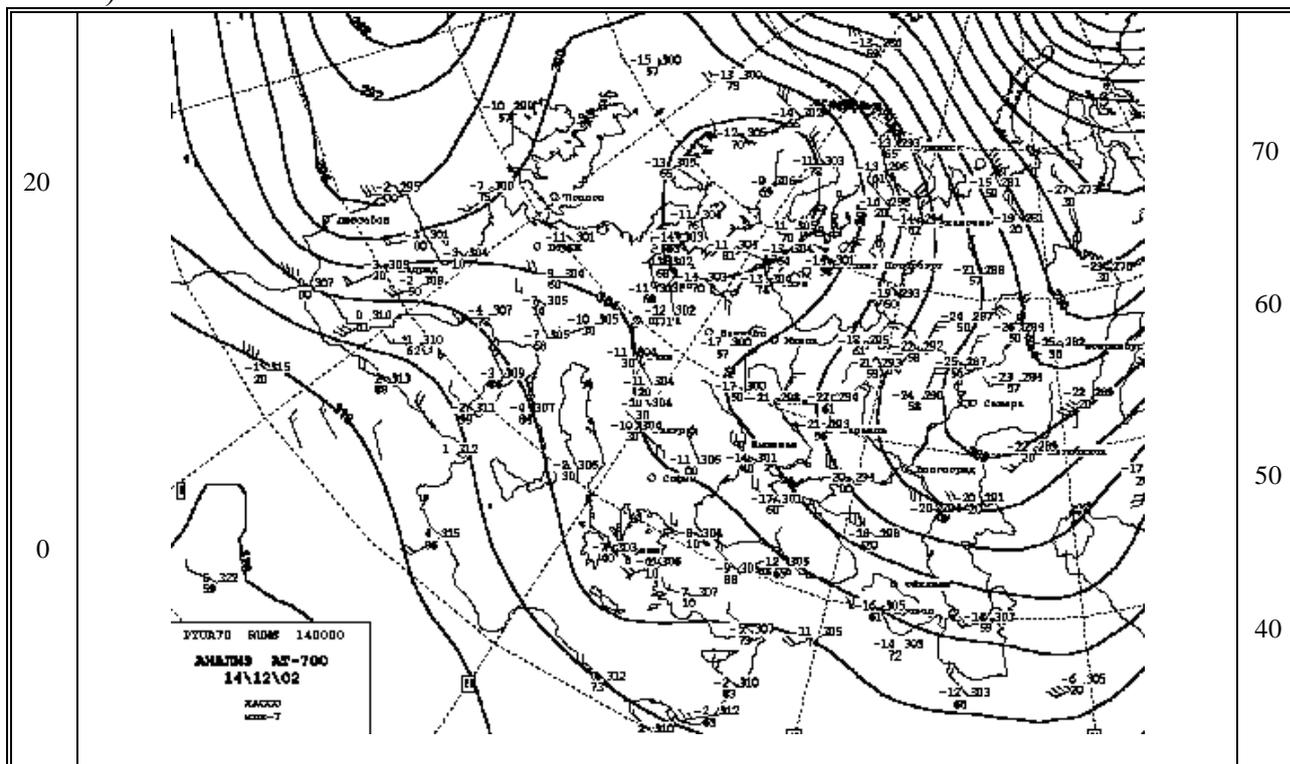
а)



б)

Рис. Б. 13. Карты: а) приземного анализа; б) АТ-500 за срок 00 UTC 14.02.2002

а)



б)

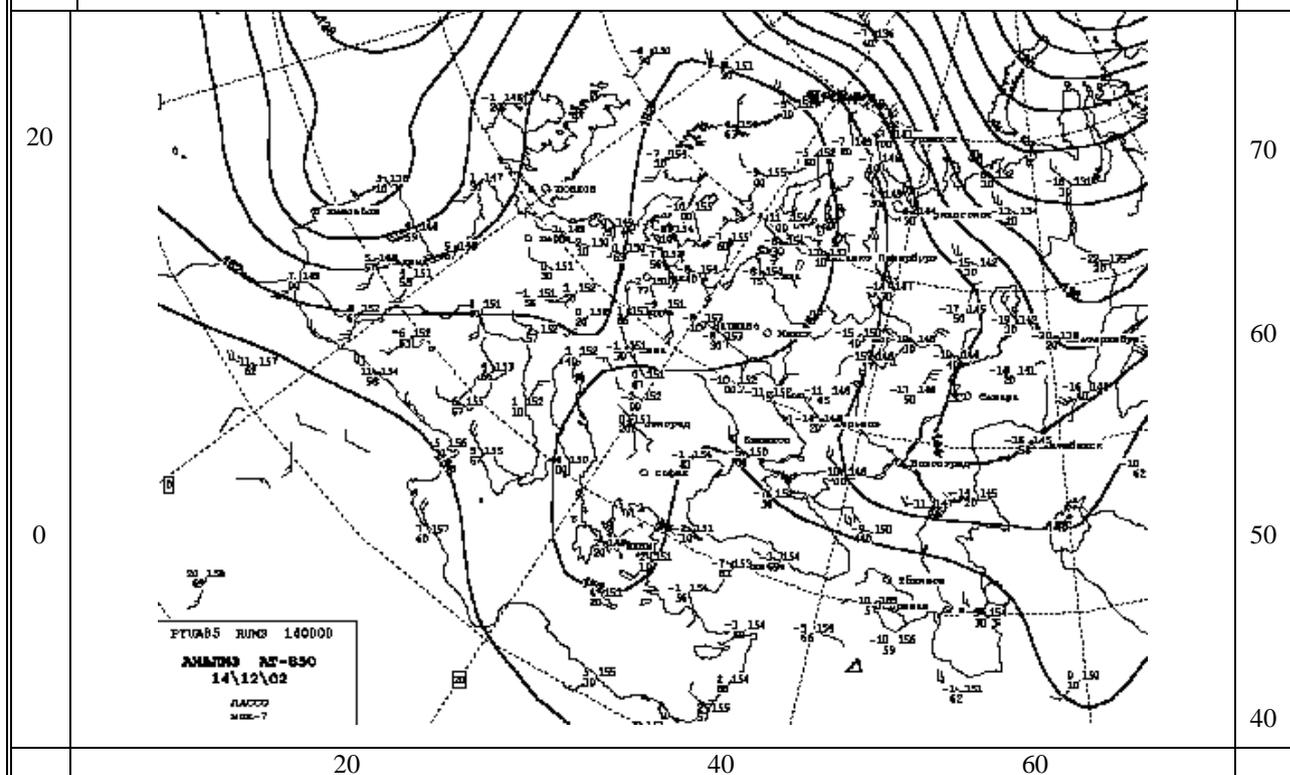
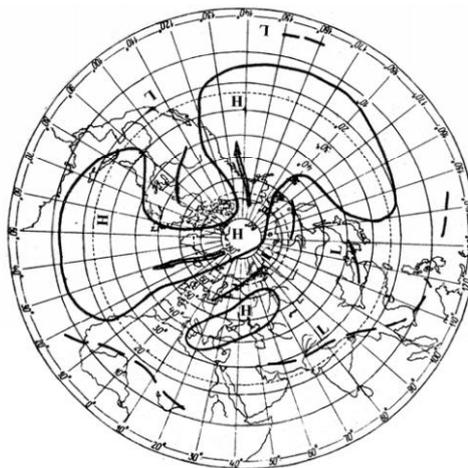
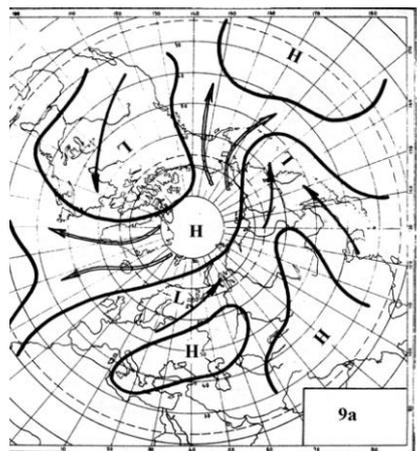
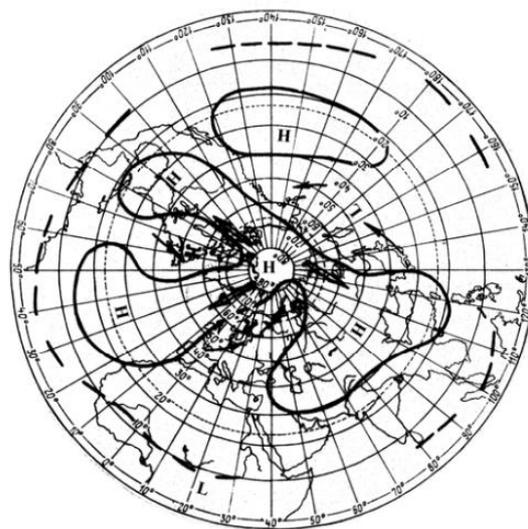
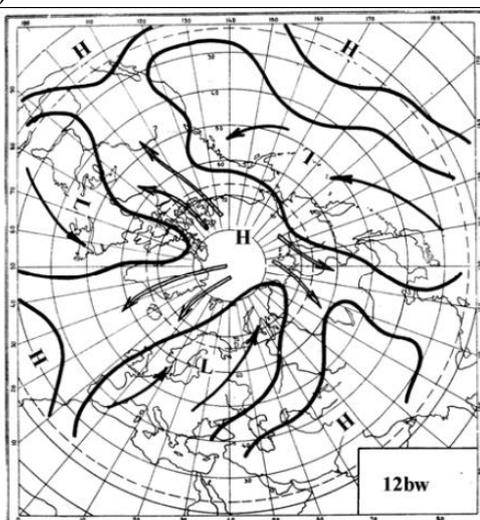


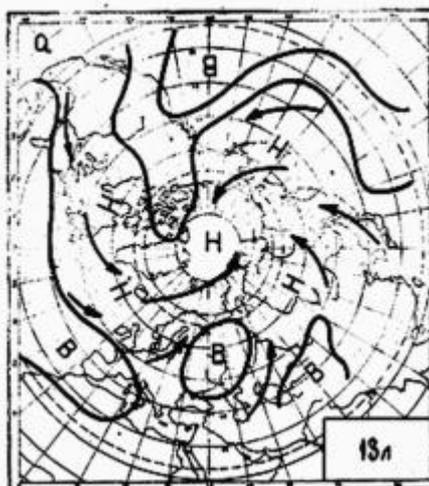
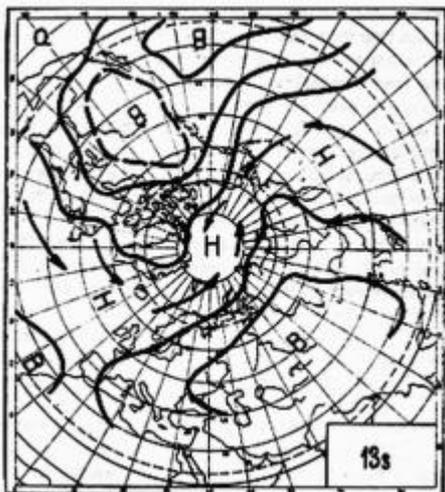
Рис. Б. 14. Карты: а) АТ-700; б) АТ-850 за срок 00 UTC 14.02.2002



a)

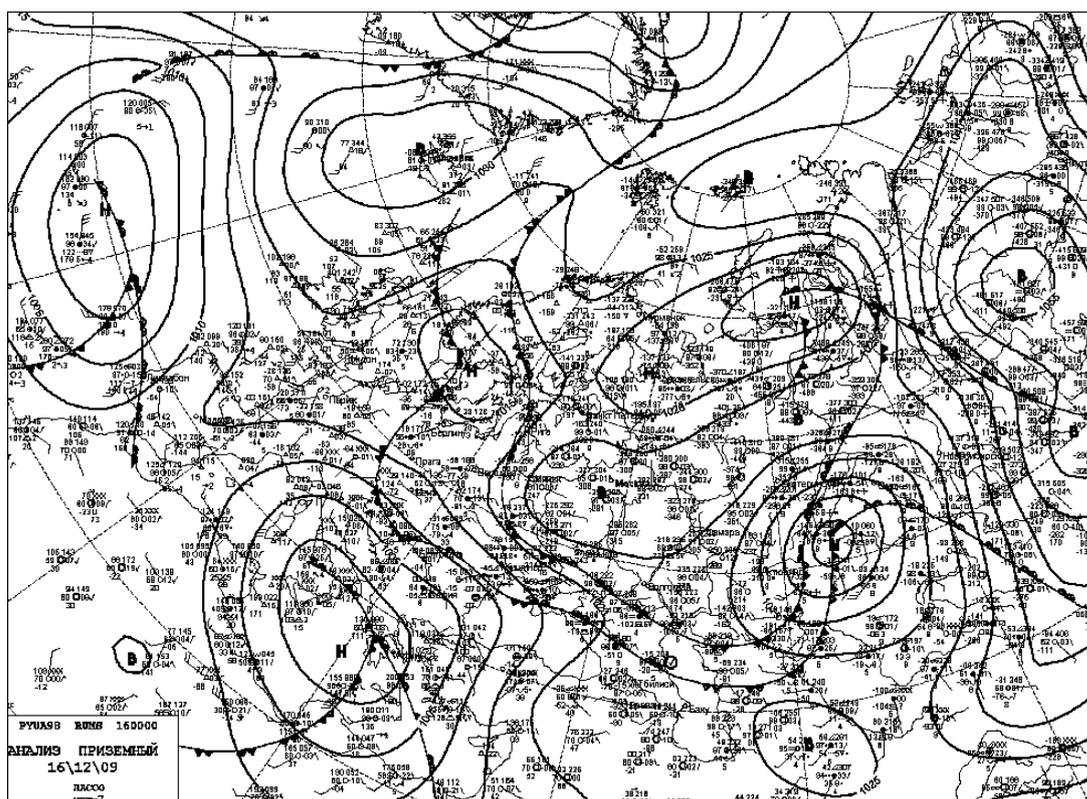


б)

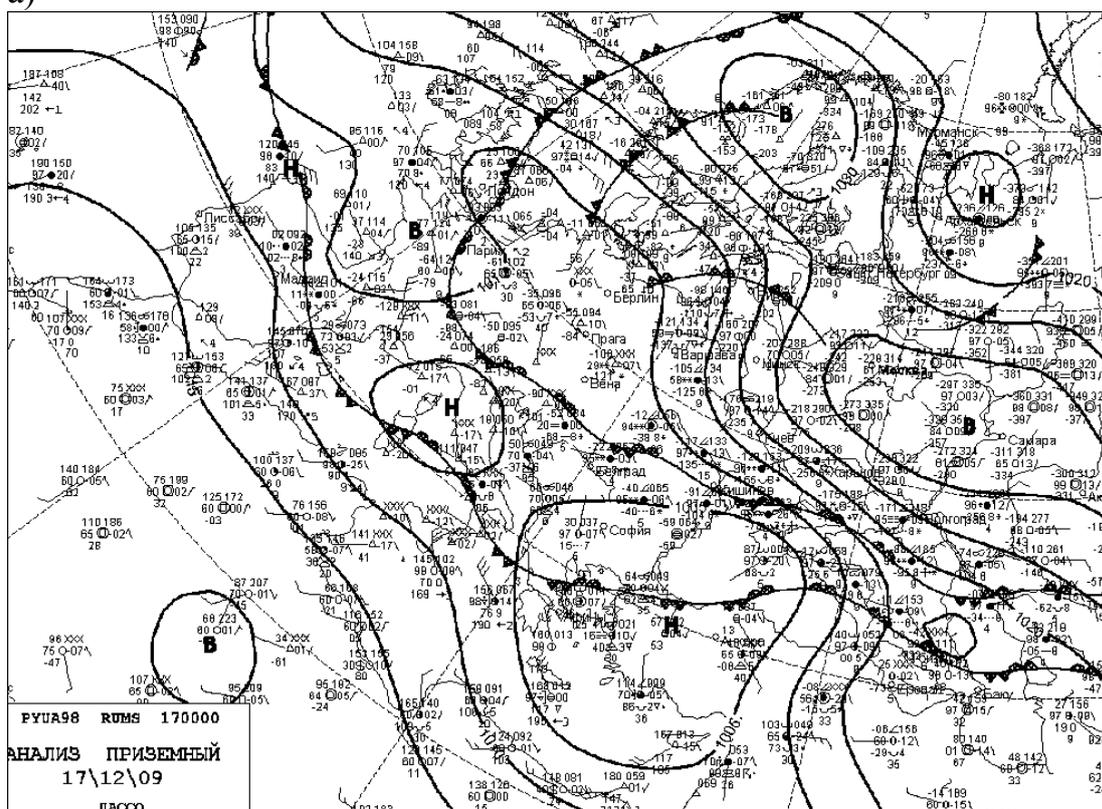


в)

Рис. Б.15. Типы ЭЦМ а) 9а, б) 12бз, в) 13з, 13л [56]

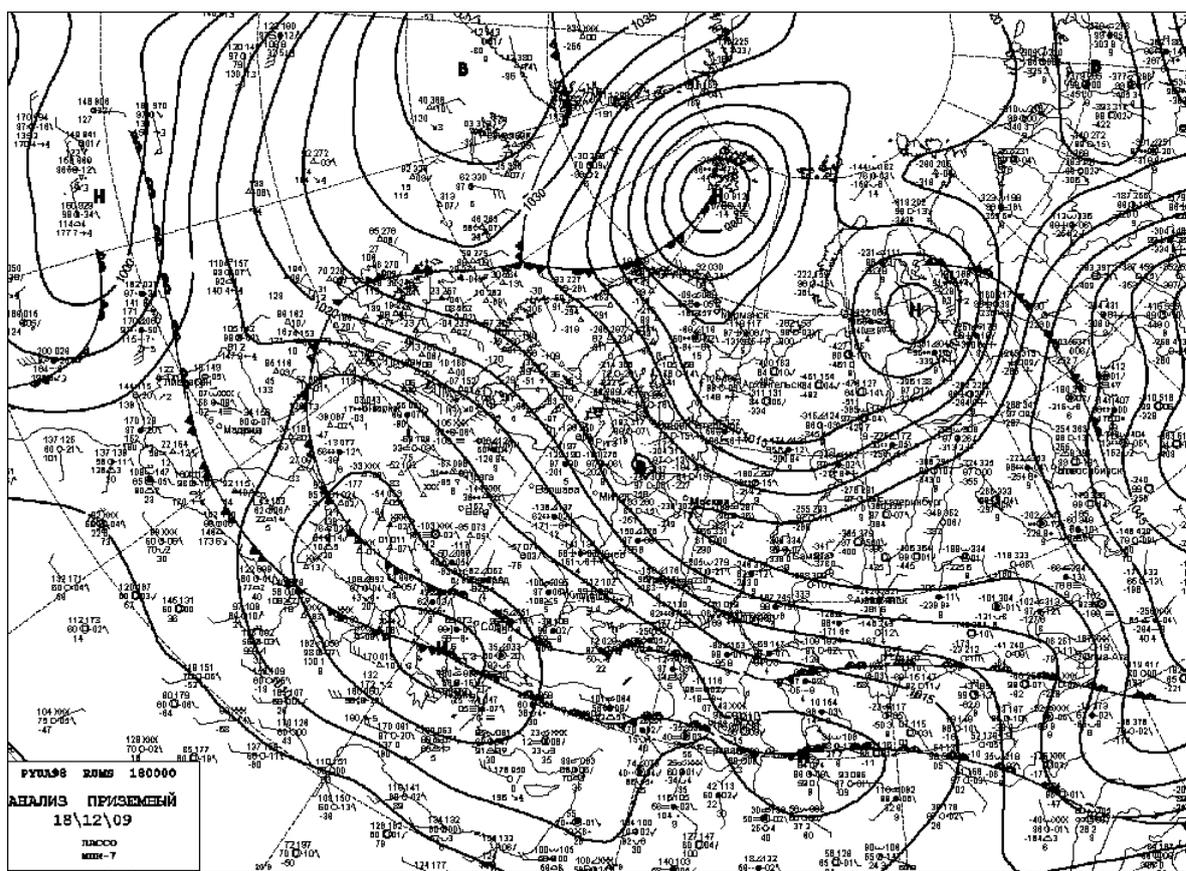


а)

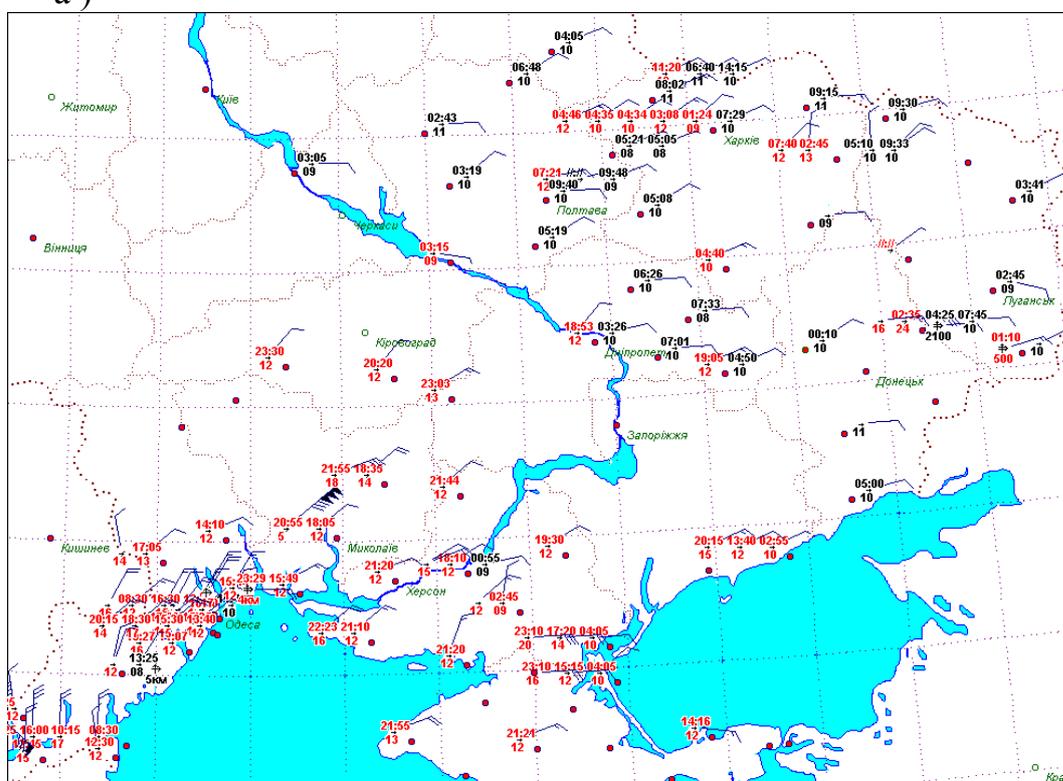


б)

Рис. В.1. Карты приземного анализа за а) 16.12.09; б) 17.12.09



а)



б)

Рис. В. 2. Карты : а) приземного анализа и б) штормовых уведомлений о ветре за 18.12.2009

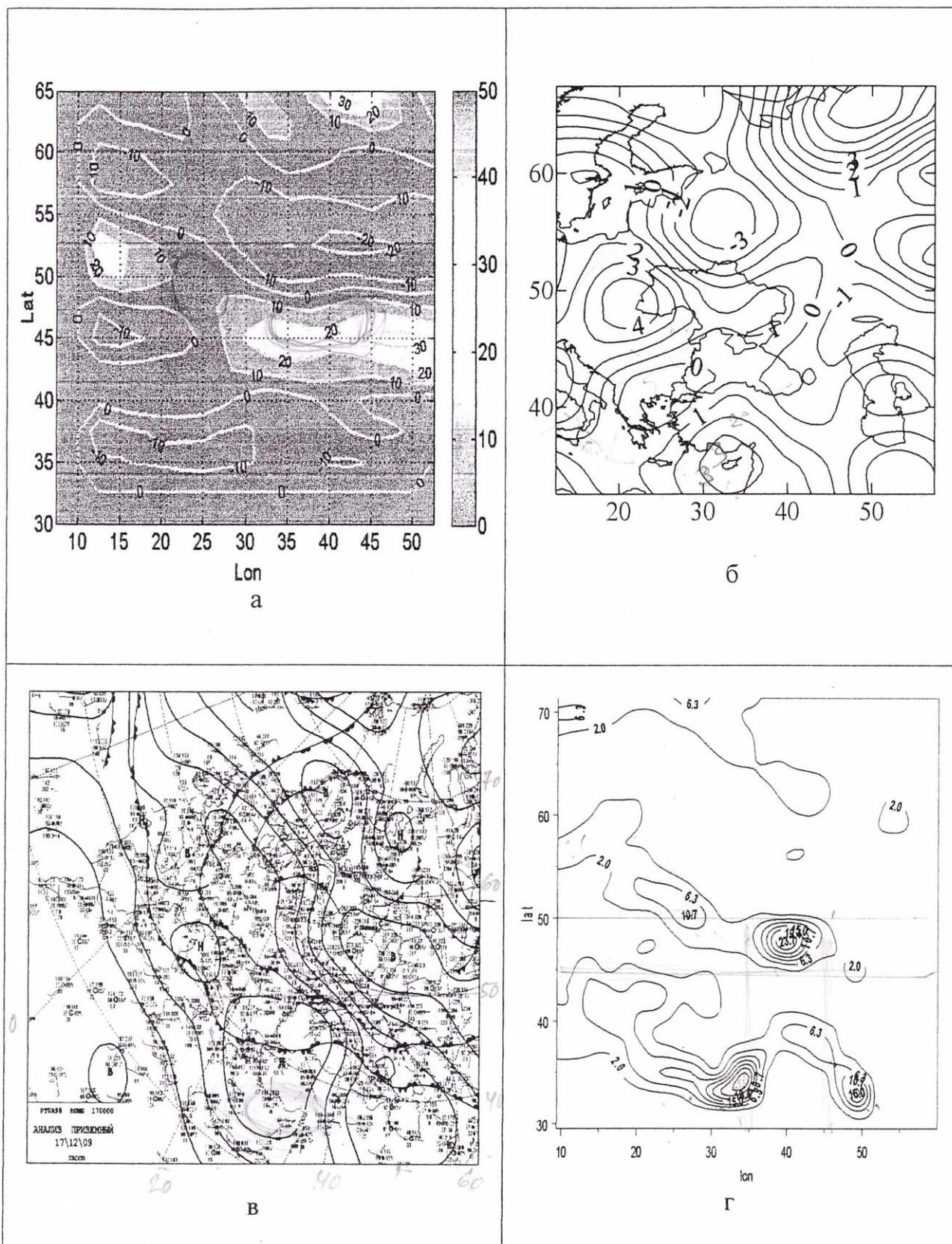


Рис. В.3. Карты : фронтального параметра –а); вихря скорости – б); приземного анализа- в); осадков за сутки – г) за 17.12.2009