

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ**

На правах рукописи
УДК: 551.55(478) (043.3)

МЛЯВАЯ ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ВЕТРОВОГО РЕЖИМА
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 153.05 – МЕТЕОРОЛОГИЯ,
КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОКЛИМАТОЛОГИЯ**

**Диссертация на соискание ученой степени
доктора геонимических наук**

Научный руководитель:

**Доктор хабилитат
географических наук,
доцент**

М. И. Недеялкова

Автор:

Млявая Галина

КИШИНЭУ, 2016

**ACADEMIA DE ȘTIINȚE A REPUBLICII MOLDOVA
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE**

Cu titlul de manuscris
C.Z.U: 551.55(478) (043.3)

**MLEAVAIA GALINA
«CARACTERISTICA SPAȚIO-TEMPORALĂ
A REGIMULUI EOLIAN
PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA»**

153.05 – METEOROLOGIE, CLIMATOLOGIE, AGROCLIMATOLOGIE

Teza de doctor în științe geonomice

Conducător științific:

**Nedealcov Maria,
doctor habilitat în științe geografice,
conferențiar cercetător**

Autor:

Mleavaia Galina

CHIȘINĂU, 2016

© МЛЯВАЯ ГАЛИНА, 2016

© MLEAVAIA GALINA, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИИ (на румынском, русском, английском)	6
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	9
ВВЕДЕНИЕ	10
1. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМА ВЕТРА	18
1.1. Анализ степени изученности параметров, характеризующих ветровой режим	18
1.2. Временная структура режима ветра с учетом региональных особенностей	28
1.3. Влияние различных физико-географических факторов на пространственную дифференциацию скорости ветра	41
1.4. Выводы к первой главе	46
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	49
2.1. Материалы исследования	49
2.2. Методы исследования ветрового режима	55
2.3. Метод роз ветров в оценке зависимости скорости ветра от направления	61
2.4. Методика оценки микроклиматической изменчивости режима ветра на примере конкретного участка местности	65
2.5. Выводы ко второй главе	70
3. РЕЖИМ СИЛЬНЫХ ВЕТРОВ	72
3.1. Исследование статистических закономерностей неблагоприятных явлений погоды, связанных с режимом сильных ветров	72
3.2. Пространственно-временная оценка ветра со скоростью 15 м/с	75
3.3. Распределение ветра со скоростью 25 м/с	81
3.4. Особенности проявления шквалов и ураганов	86
3.5. Хронология смерчей	93
3.6. Выводы к третьей главе	96
4. ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	99
4.1. Предпосылки и перспективы использования ветроэнергетических ресурсов	99
4.2. Климатологическая оценка ветроэнергетических ресурсов	105
4.3. Выводы к четвертой главе	118

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	120
БИБЛИОГРАФИЯ	122
ПРИЛОЖЕНИЯ	137
Приложение 1. Акт внедрения №1	138
Приложение 2. Карта. Изменение скорости ветра в зависимости от форм рельефа на территории опытного участка «Кодры»	139
Приложение 3. Таблица. Распределение скорости ветра на территории опытного участка «Кодры» в зависимости от морфометрических показателей рельефа	140
ДЕКЛАРАЦИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ	141
CURRICULUM VITAE	142

АННОТАЦИЯ

Млявая Галина – «Пространственно-временная характеристика ветрового режима на территории Республики Молдова». Диссертационная работа на соискание учёной степени доктора геонаучных наук, Кишинэу, 2016.

Структура: Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов и рекомендаций, библиографии из 266 источников. Работа изложена на 121 странице основного текста, содержит 19 таблиц, 48 рисунков, 3 приложения. По материалам исследований опубликованы 34 научные статьи.

Ключевые слова: режим ветра, средняя скорость, пространственно-временная изменчивость, ветроэнергетический потенциал, картирование ветровых параметров.

Область исследований - метеорология, климатология, агрометеорология.

Цель исследования заключается в оценке статистических характеристик ветрового режима и выявлении его пространственно-временных особенностей в условиях расчлененного рельефа Республики Молдова с учетом новых климатических условий.

Задачи: создать информационный банк данных ветровых параметров за весь период инструментальных наблюдений (1945-2010 гг.); на основе сформированных однородных рядов при помощи компьютерной обработки и современных программных средств получить конкретный статистический материал, характеризующий пространственно - временную структуру ветра; адаптировать для территории республики методы оценки изменчивости ветрового режима под влиянием микроклимата; охарактеризовать режим сильных ветров и произвести районирование территории республики по воздействию ветров со скоростью 15, 25, 30 м/с; представить климатологическое обоснование для использования ветра в качестве источника энергии; разработать на основе ГИС-технологий картографические модели, отображающие различные аспекты пространственного и временного распространения поля ветра и ветроэнергетических ресурсов на территории республики.

Методология научного исследования. При исследовании были использованы традиционные и современные методы - исторический, сравнительный, статистический. Основным инструментом для пространственной интерпретации данных является ГИС в сочетании с методами системного анализа. Предметом исследования послужили данные многолетних измерений параметров ветра на 14 метеорологических станциях Государственной Гидрометеорологической службы Республики Молдова, а также данные из Справочников по климату 1966, 1972, 1990 гг.

Научная новизна и оригинальность. Впервые для республики: дается климатологическая характеристика ветрового режима за весь период инструментальных наблюдений с учетом последних лет, которая не обнаружена в других региональных исследованиях; представлены полные сведения о режиме опасных явлений, связанных с ветром; дана климатологическая оценка ветроэнергетических ресурсов; произведено картирование территории республики по всему комплексу характеристик ветрового режима и расчетных показателей.

Решённая научная проблема в данной исследовательской работе состоит в определении пространственно-временных особенностей ветрового режима на территории Республики Молдова с целью его характеристики в условиях современного климата. Методы оценки ветровых параметров и их картографическая интерпретация могут служить основой для создания Климатического Атласа ветрового режима.

Теоретическая значимость. На основе большого объема данных были установлены причины и представлено обоснование уменьшения скорости ветра на территории республики в настоящее время. Определены параметры сильных ветров, шквалов, ураганов, смерчей.

Практическая ценность работы. Автором впервые для условий Республики Молдова адаптирована методика оценки изменчивости скорости ветра под влиянием микроклимата на примере опытного участка Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий (полигон «Жодры»).

Внедрение научных результатов. По исследованиям ветрового режима и рекомендациям о наиболее рациональном размещении сельскохозяйственных культур на опытном участке «Жодры» был получен акт внедрения от Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий Республики Молдова (2004).

ADNOTARE

Mleavaia Galina – «Caracteristica spațio-temporală a regimului eolian pe teritoriul Republicii Moldova». Teza de doctor în științe geonomice. Chișinău, 2016.

Structura: Introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 266 titluri, 121 pagini de text de bază, 3 anexe, 48 figuri, 19 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 34 lucrări științifice.

Cuvintele-cheie: regim eolian, viteza medie a vântului, variabilitate spațio-temporală, potențial energetic eolian, cartografierea parametrilor eolieni.

Domeniul de studiu - meteorologie, climatologie, agrometeorologie

Scopul lucrării constă în estimarea caracteristicilor statistice și evidențierea particularităților spațio-temporale a regimului eolian în condițiile orografice compuse a teritoriului Republicii Moldova și a noilor condiții climatice.

Obiectivele cercetării:

- elaborarea bazei informaționale de date pentru perioada observațiilor instrumentale 1945-2010, cu seriile de timp unice;
- calculul parametrilor statistici care caracterizează structura spațio-temporală a regimului eolian cu scopul obținerii evaluărilor probabilistice (medii multianuale, dispersia, trendul, funcții de distribuții, etc.);
- adaptarea pentru teritoriul republicii metodei de estimare a variabilității regimului vânturilor sub acțiunea condițiilor microclimatice;
- analiza complexă a extremelor ce caracterizează regimul vânturilor puternice și foarte puternice și elaborarea modelelor cartografice privind vântului cu viteze de 15, 25, 30 m/s;
- argumentarea climatică a potențialului energetic a vântului;
- elaborarea unui set de hărți digitale în baza SIG ce reflectă diferite aspecte privind repartitia spațio-temporală a „câmpurilor” eoliene și a resurselor energetice eoliene pe teritoriul republicii.

Metodologia cercetării științifice. În studiu au fost utilizate metode tradiționale și contemporane de cercetare: istorice, de analiză, statistice, etc. Principalul instrument pentru interpretarea spațială a datelor a servit Sistemele Informaționale Geografice în corelare cu metoda analizei sistemice. Ca material inițial de cercetare au fost datele multianuale privind regimul eolian colectate de la 14 stații meteorologice ale Serviciul Hidrometeorologic de Stat al Republicii Moldova. În analizele comparative au fost utilizate și datele cuprinse în Îndrumarul pe climă din anii 1966, 1972, 1990.

Noutatea și originalitatea științifică. În lucrare pentru prima dată este:

- expusă climatologia regimului eolian cu luarea în considerație a ultimilor ani – perioadă de timp care nu se regăsește în alte cercetări regionale;
- reflectată particularitățile de manifestare a vânturilor puternice și foarte puternice;
- prezentată climatologia resurselor eoliene netradiționale actuale;
- efectuată regionarea teritoriului republicii după mai mulți parametri care caracterizează regimul eolian.

Problema științifică soluționată constă în evidențierea particularităților spațio-temporale a regimului eolian cu scopul caracterizării în condițiile climei actuale pe teritoriul Republicii Moldova. Metoda de estimare și cartografiere a regimului eolian va servi drept bază la elaborarea Atlasului Climatic al regimului eolian.

Semnificația teoretică. În baza unui volum impunător de date au fost evidențiate cauzele și argumentate procesele ce au contribuit la scăderea vitezei vântului la etapa actuală. Au fost determinați parametrii ce caracterizează regimul vânturilor puternice, în rafală, a furtunilor, etc.

Valoarea aplicativă a lucrărilor. Pentru prima dată, în condițiile Republicii Moldova, a fost adaptată metoda de estimare a variabilității vitezei vântului sub influența microclimei pe exemplul poligonul experimental „Codru” a Institutului Științifico-practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare.

Implementarea rezultatelor științifice. A fost elaborată și implementată harta digitală privind repartitia spațială a vitezei vântului în dependență de relief și de expunere a teritoriului către acesta (pantele supuse bătaii vântului: paralele, localizate pe direcția și împotriva vântului, pe sectorul experimental „Codru” a Științifico-practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare. Această implementare este certificată cu act de implementare (2004).

ANNOTATION

Mleavaia Galina «The special-temporary characteristic of the wind mode at the Republic Moldova's territory». PhD thesis in Geonomic Sciences. Chisinau, 2016.

Structure: Dissertation consists of an introduction, four chapters, the main conclusions and recommendations, bibliography of 266 sources. The work is presented on 121 pages of main text; it contains 19 tables, 48 figures, 3 supplements. According to the materials of the dissertation work 34 scientific papers were published.

Keywords: wind mode, the average wind speed, wind power potential, mapping of wind parameters.

Field of research - meteorology, climatology and agro meteorology.

Aim of research: assessment of statistical characteristics and identifying patterns of spatial-temporal variability of wind mode in conditions of the Republic Moldova's complex relief and according of new climatic conditions.

Objectives:

- to create the electronic database for the entire period of tool supervisions over the wind's parameters (1945-2010);
- to receive the concrete statistical material of the wind's spatial - temporary structure;
- to adapt the assessment methods of wind mode's variability under influence of microclimate at the republic's territory;
- to present the base information about strong winds with the speed 15, 25, 30 m/s;
- to present results of climatologically researches of wind – energy potential in our republic;
- to develop the cartographical models displaying various aspects of spatial and temporary distribution of the wind field and wind power resources by the application of computer and GIS-Technologies.

The methodology of scientific research. Traditional and modern methods such as historical, comparative, statistical analysis were used for the research. The basic instrument for spatial interpretation of data is GIS-technologies with applying up-to-date methods of system analysis. The information on long-term measuring of the wind's parameters registered at the 14 meteorological stations of the State Hydro - meteorological Service of the Republic of Moldova, as well as the data published in guides climate in the years 1966, 1972, 1990, were used as reference sources for the research.

Scientific novelty and originality. For the first time: is given the climatologically characteristic of wind mode during entire period of instrument observations taking into account the last years, which is not discovered in other regional studies. The complete information about the regime of strong winds as the dangerous phenomena is represented. The climatologically characteristic of wind power resources over the current period are given. The maps of republic's territory on all complexes of the wind mode characteristics were executed.

Scientific problem solved in the respective domain consists of the determination of the wind mode's special-temporary peculiarities for the purpose of its characteristic under the current climate conditions on the Republic Moldova's territory. The elaborated methods of estimation and mapping of the wind parameters will serve as basis for creating the Climatologically Atlas of the wind mode.

The theoretical significance. The reduction of wind speed and the reasons are established, based on the large volume of data. The parameters of the elementary meteorological phenomena, such as strong winds, hurricanes, squalls were determined.

The practical significance of the work. The microclimatic variability of the wind mode in conditions of the cross relief on the example of skilled site of the Scientific-Practical Institute of Horticulture and Food Technologies (polygon "Kodru") is appreciated for the first time in the Republic of Moldova.

Implementation of scientific results: According to researches of wind regime and recommendations about the most rational placement of crops on the polygon "Kodru" the introduction act from the Scientific-Practical Institute of Horticulture and Food Technologies was received (2004).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АИИС	Автоматизированная информационно-измерительная система
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВЭР	Ветроэнергетические ресурсы
ВЭС	Ветроэлектростанции
ГГО	Главная Геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (Россия)
ГИС	Геоинформационная система
ЕС	Европейский Союз
ЕБРР (EBRD)	Европейский Банк по Реконструкции и Развитию (European Bank for Reconstruction and Development)
МГЭИК (IPCC)	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (the Intergovernmental Panel on Climate Change)
МЭА (IEA)	Международное Энергетическое Агентство (International Energy Agency)
ООН	Организация Объединенных Наций
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ОЯ	Опасные явления
РКИК	Рамочная конвенция ООН по изменению климата
РМ	Республика Молдова
СГЗЧС	Служба гражданской защиты и чрезвычайных ситуаций Министерства внутренних дел Республики Молдова (Serviciul Protecției Civile și Situațiilor Excepționale al MAI Republicii Moldova)
СНГ	Союз независимых государств
ANRE	Национальное агентство по урегулированию в энергетике (Agenția Națională pentru Reglementare în Energetica Republicii Moldova)
AWEA	Американская ассоциация энергии ветра
EWEA	Европейская Ветроэнергетическая Ассоциация
FEE	Фонд Энергоэффективности РМ (Fondul pentru Eficiență Energetică din Republica Moldova)
GWEC	Global Wind Energy Council (Международное представительство ветровой энергетики – Брюссель, Бельгия)
GREENPEACE INTERNATIONAL	Гринпис – международная независимая неправительственная экологическая ассоциация. Амстердам, Нидерланды
SRREN	The special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation
UNEP	United Nations Environment Program (Программа по охране окружающей среды ООН)
WMO	Всемирная Метеорологическая Организация
WG III	The Working Group III “Mitigation of Climate Change”(3-я Рабочая Группа по изменению климата)
WWEA	The World Wind Energy Association (Всемирная Ветроэнергетическая Ассоциация)
ГВт	Гигаватт (1ГВт=1000 МВт)
МВт	Мегаватт (1 МВт=1000 кВт)
кВт	Киловатт (1 кВт=1000 Вт)
км	Километр
м/с	Скорость ветра, измеряемая в метрах в секунду
и др.	и другие

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность научного исследования. Изучение и оценка климатических ресурсов с целью их рационального использования является проблемой научно-практической значимости для Республики Молдова. Ветер относится к основным метеорологическим элементам, которые формируют климатический режим местности и, прямо или косвенно, влияют на все виды человеческой деятельности. Сведения о ветровых параметрах имеют большое практическое значение в таких отраслях народного хозяйства, как сельское хозяйство, энергетика, транспорт, промышленное и жилищное строительство и т.д. При умелом использовании ветер представляет собой «океан голубой энергии», что немаловажно для Республики Молдова, не обладающей значительными запасами традиционных энергетических ресурсов. Из всех климатических параметров ветер отличается наибольшей изменчивостью в пространственно - временном распределении. Поэтому изучение закономерностей, которым подчиняются поля ветра, представляет значительный интерес, как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Степень изученности темы и определение проблемы. Выбор ветра, как одного из основных метеорологических параметров в качестве предмета изучения был оправдан тем, что в Республике Молдова во многих научных работах за последние три десятилетия не было детального статистического анализа изменения его параметров с выходом на решение прикладных задач. Обобщенные данные о скорости ветра на территории Молдовы были опубликованы в работах И. Керсновского (1891 г.), А.В. Клоссовского (1893 г.), Я.Савченко (1913 г.), М.А. Рыкачева (1919 г.), Н.В. Симонова (1933 г.), А.И. Воейкова (1948 г.), Подтягина М.Е. (1935 г.). Исследования ветрового режима и попытки составления ветрового кадастра проводились такими видными молдавскими учеными как Н.Н. Романенко (1964 г.), И.С. Москалюк (1972 г.), Г.Ф. Лассе (1978 г.). Однако информация, представленная в перечисленных источниках ограничена как по числу пунктов, так и по спектру климатических характеристик.

Получение достоверной репрезентативной информации о режиме ветра зависит от многих факторов: от применяемых приборов, от условий их размещения и от методов наблюдений. Изучение и учет влияния этих факторов в условиях, когда на территории Республики Молдова происходит замена систем наблюдений за характеристиками ветра, а многие станции подвергаются значительному антропогенному влиянию, является очень актуальным.

На фоне глобального изменения климата его проявления заметны и на региональном уровне, в частности, в увеличении частоты экстремальных погодных явлений. В связи с

этим возрастает потребность в надежной информации об опасных явлениях погоды, в том числе связанных с ветром. Кроме того, возрастание потребности человечества в энергетических ресурсах приводит к необходимости поисков альтернативных источников энергообеспечения. Это особенно актуально для Республики Молдова, имеющей энергозатратную экономику и значительную зависимость от внешних поступлений энергоносителей. К числу альтернативных источников энергии относится в первую очередь ветер. Представляет значительный интерес, как с теоретической, так и с практической точки зрения изучение и анализ энергетических ресурсов ветра для определения их потенциала в нашей стране.

Основной акцент в данном научном исследовании предстоит сделать на углубленном изучении и всестороннем анализе ветровых параметров на территории Республики Молдова в современный период времени.

Цели и задачи исследования. Исходя из актуальности, **цель** исследования заключается в оценке статистических характеристик ветрового режима и выявлении его пространственно-временных особенностей в условиях расчлененного рельефа Республики Молдова с учетом новых климатических условий.

Цель обусловила необходимость решения следующих задач:

1. Создать информационный банк данных на технических носителях за весь период инструментальных наблюдений за параметрами ветра (1945-2010 гг.). Сформировать однорядные ряды.
2. При помощи современных программных средств и компьютерной обработки данных получить конкретный статистический материал, характеризующий пространственно - временную структуру ветра с целью вероятностных оценок и практического применения (средние, дисперсии, тренды, функции распределения и т.д.).
3. Изучить влияние различных физико-географических факторов на пространственную дифференциацию поля ветра и адаптировать для территории республики методы оценки изменчивости ветрового режима под влиянием микроклимата.
4. Изучить многолетнюю изменчивость экстремальных проявлений ветра и охарактеризовать режим сильных ветров. Представить в картографическом виде районирование территории республики по степени воздействия ветров со скоростью 15, 25, 30 м/с.
5. Представить климатологическое обоснование для использования ветра в качестве источника энергии.

6. Разработать на основе ГИС-технологий картографические модели, отображающие различные аспекты пространственного и временного распространения поля ветра и ветроэнергетических ресурсов на территории республики.

Методология научного исследования. При исследовании были использованы традиционные и современные методы - исторический, сравнительный, статистический. Основным инструментом для пространственной интерпретации данных является ГИС в сочетании с методами системного анализа. В качестве предмета исследования использовались многолетние данные измерений ветра на сети метеорологических станций Государственной Гидрометеорологической службы Республики Молдова, а также данные, опубликованные в Справочниках по климату 1966, 1972, 1990 гг.

Основные научные положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся:

- результаты исследования режима ветра в эволюционном аспекте;
- оценка микроклиматической изменчивости скорости ветра в условиях пересеченного рельефа на примере опытного участка Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий (полигон «Кодры»);
- районирование территории Республики Молдова по степени подверженности стихийным явлениям, связанных с ветрами со скоростью 15, 25, 30 м/с;
- климатологическая оценка параметров ветра, характеризующих его энергетический потенциал;
- материалы картирования территории республики по всему комплексу климатических и энергетических характеристик ветрового режима.

Научная новизна и значимость полученных результатов. В настоящей работе впервые в исследовательской практике для Республики Молдова:

- дается климатологическая характеристика ветрового режима за весь период инструментальных наблюдений с учетом последних лет, которая не обнаружена в других региональных исследованиях;
- представлены полные сведения о режиме опасных явлений, связанных с ветром;
- дана климатологическая оценка ветроэнергетических ресурсов в современный период времени.
- произведено картирование территории республики по всему комплексу характеристик ветрового режима и расчетных показателей.

Теоретическая значимость работы.

- На основе большого объема данных были установлены причины и представлено обоснование уменьшения скорости ветра на территории республики в настоящее время.
- Определены параметры сильных ветров, шквалов, ураганов, смерчей.

Практическая значимость работы.

- Автором впервые для условий Республики Молдова адаптирована методика оценки изменчивости скорости ветра под влиянием микроклимата на примере опытного участка Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий (полигон «Кодры»).

Решённая научная проблема в данной исследовательской работе состоит в определении пространственно-временных особенностей ветрового режима на территории Республики Молдова с целью его характеристики в условиях современного климата. Методы оценки ветровых параметров и их картографическая интерпретация могут служить основой для создания Климатического Атласа ветрового режима.

Апробация результатов диссертационного исследования. Полученные результаты научных исследований докладывались и обсуждались: на международной конференции *Энергетика Молдовы*, Кишинэу, 2005; на международной конференции *Устойчивое, в том числе Экологическое земледелие – результаты, проблемы, перспективы*, Бэлц, 2007; на международном симпозиуме *Simpozion Jubiliar Internațional Mediul și dezvoltarea durabilă 70 ani de la fondarea Facultății Geografie*, Chișinău, 2008; На международной конференции *Rolul culturilor leguminoase și furajere în agricultura Republicii Moldova*, Bălți, 2010; на 11-ой международной конференции *Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века*, Минск, Республика Беларусь, 2011; на международном симпозиуме *Simpozionului Internațional Sisteme Informaționale Geografice, Ediția a XXII-A*, Chișinău, 2015; На международной конференции *International Conference dedicated to the 70th anniversary of foundation of the ASM and 55th anniversary of the inauguration of the Academy of Sciences of Moldova*, Chișinău, 2016.

Внедрение научных результатов. По исследованиям ветрового режима и рекомендациям о наиболее рациональном размещении сельскохозяйственных культур на опытном участке «Кодры» был получен акт внедрения от Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий Республики Молдова (Приложения 1 - 3, 2004). Расчеты и карты из ряда глав включены в отчеты по результатам научно-исследовательской работы лаборатории Климатологии за 2005-2006 гг.

Публикации работ по теме. Опубликовано 34 научные статьи, из которых 20 статей без соавторов (31 публикация по материалам конференций, симпозиумов; 1 статья в международном журнале, 2 статьи в специализированных национальных журналах).

Объем и структура работы. Диссертация содержит: введение, 4 главы, общие выводы и рекомендации, библиографический список из 266 наименований, 121 страницу основного текста, 48 рисунков, 19 таблиц, 3 приложения.

Ключевые слова: режим ветра, средняя скорость, пространственно-временная изменчивость, ветроэнергетический потенциал, картирование ветровых параметров.

Краткое содержание работы:

Во введении обоснована актуальность темы исследования, означена степень изученности проблемы, определен объект исследования, сформулированы цели и задачи работы, описаны источники и методы исследования. Определены положения, выносимые на защиту. Представлены: решенная важная научная проблема, новизна, теоретическая и практическая ценность, внедрение полученных научных результатов. Дается описание объема и структуры диссертации. Приводится краткое содержание работы.

В главе 1 «Пространственно-временная оценка режима ветра» представлен объемный исторический материал о наблюдениях за скоростью и направлением ветра на территории Республики Молдова. Дается обзор литературных источников, которые явились методологической основой для исследования режима ветра. Отмечены работы, связанные с вычислением основных параметров ветра, с методами расчета коэффициентов изменения ветра в условиях неоднородной подстилающей поверхности, методикой картирования скорости ветра, методикой расчета и картирования таких опасных явлений, как сильные ветры, шквалы, ураганы, с методами определения ветроэнергетических характеристик ветра.

Представлены особенности ветрового режима, а именно, преобладающие направления ветра в течение года, обусловленные сферой влияния сезонных центров атмосферы и variability скорости ветра на протяжении XX и в начале XXI веков. Выявлено, что для Республики Молдова характерен двойной годовой ход скорости ветра: усиление до максимальных значений в зимне-весенний период и снижение до минимальных показателей в летне-осенний.

Установлена тенденция уменьшения скорости ветра во второй половине XX века, определена группа причин данного явления. Для наглядного представления об особенностях изменения ветровых характеристик построены карты распределения

скорости ветра по сезонам года и, в целом, за базовый (1961-1990 гг.) и современный (1991-2010 гг.) периоды.

Рассмотрены основные показатели, влияющие на неравномерное распределение скорости ветра в приземном слое воздуха: рельеф окружающей территории; шероховатость подстилающей поверхности; эффект затенения зданиями и сооружениями. Приводятся результаты экспедиционных микроклиматических исследований параметров ветра и их изменений в условиях расчлененного рельефа Республики Молдова, которые подтверждают выводы о влиянии подстилающей поверхности на ветровые характеристики. Сформулированы цели и задачи, которые последовательно решались в процессе работы над диссертацией.

В данной главе последовательно решалась задача: получить конкретный статистический материал, описывающий структуру ветра во времени и в пространстве с целью оценки статистических характеристик и выявления закономерности изменчивости ветрового режима в условиях расчлененного рельефа Республики Молдова за период XX – начало XXI веков.

В главе 2 «Материалы и методы исследования» представлена схема алгоритма действий при изучении ветрового режима, разработанная автором. Обоснован выбор 14 метеорологических станций Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова для оценки пространственно-временного изменения параметров ветра, дано описание их местоположения с учетом преобладающих форм рельефа и класса открытости ветроизмерительного прибора, периода наблюдений за направлением и скоростью ветра. Указаны первичные источники, послужившие основой для создания электронного банка данных скоростного режима ветра за весь период инструментальных наблюдений. Для проведения анализа изменения средних месячных и годовых значений скорости ветра было выполнено исследование рядов данных на предмет методической неоднородности.

Представлены методы, примененные в исследовании ветрового режима, приведены формулы, по которым рассчитывались его характеристики.

Приводятся результаты исследования распределения скорости ветра в зависимости от направления с применением метода роз ветров, построенных по сформированным однородным рядам за 2 периода: 1950-1965 гг. и 1980-2000 гг. Установлено, что наибольшую повторяемость в течение года имеют северо-западные и юго-восточные ветры, к которым относятся и наибольшие скорости. Повторяемость ветра определенного направления соответствует характеру подстилающей поверхности. В северных и

центральных областях Молдовы, где речные долины ориентированы с северо-запада на юго-восток, соответственно преобладают ветры северо-западного и юго-восточного направления. На юге речные долины направлены с севера на юг, там увеличивается повторяемость северных и южных ветров.

Впервые для условий Республики Молдова автором адаптированы методика оценки микроклиматической изменчивости режима ветра в зависимости от рельефа и методика построения морфометрических карт, разработанные Е.Н. Романовой. Представлена оценка изменчивости скорости ветра в зависимости от основных форм рельефа в пределах ограниченных территорий на примере опытного участка Научно-исследовательского Института Плодоводства (полигон «Кодры»).

Решенная научная проблема в данной главе состоит в том, что на основе примененных методов исследования был получен конкретный материал о распределении скорости в зависимости от направления ветра и адаптирован для территории Республики Молдова метод оценки изменчивости ветрового режима под влиянием микроклимата.

Глава 3 «Оценка режима сильных ветров» посвящена исследованию ветра со скоростью 15, 25, 30 м/с и смерчей на территории Республики Молдова.

Впервые по результатам исследований установлена цикличность и географическое распределение сильных ветров, выполнено районирование территории республики по степени подверженности стихийным явлениям, связанных с ними.

По данным Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова составлена хронология проявления смерчей за период 1945-2012 гг.

Важная научная проблема, решенная в данной главе, состоит в том, что дана характеристика режиму сильных ветров и представлено районирование территории республики по степени их воздействия.

Глава 4. «Оценка ветроэнергетических ресурсов» посвящена обзору исторического опыта и современного состояния использования ветроэнергетических ресурсов в республике, анализу мер правовой и законодательно-нормативной базы, предпринимаемых и осуществляемых в политике государства в области ветроэнергетики. Представлен разработанный автором алгоритм климатологической оценки ветроэнергетического потенциала с целью его возможного вклада в энергосбережение Республики Молдова. Приведены расчеты и картографическая интерпретация основных статистических характеристик многолетнего режима ветра. Установлены закономерности высотного распределения скорости ветра с учетом высоты установки ветроизмерительного прибора и коэффициента шероховатости поверхности.

Проведена статистическая обработка продолжительности энергоактивных ветров и безветрия в часах и выполнено их картирование.

Впервые в практике отечественных исследований представлена карта фонового распределения среднегодовых скоростей ветра на территории Республики Молдова, с помощью которой определяются климатические ресурсы ветра.

Представлены карты распределения энергии ветра на высотах от 10 до 120 м с целью определения перспективных районов для использования ветроэнергетического потенциала и экономически выгодного размещения ВЭУ на территории Республики Молдова. Следует уточнить, что в данной работе впервые выполнено климатическое районирование ветропотенциала Республики Молдова для уровня пограничного слоя атмосферы.

Важная научная проблема, решенная в данной главе, заключалась в представлении климатологического обоснования для использования ветра в качестве энергетического источника на основе оценки пространственно-временных особенностей ветрового режима.

Заключительные выводы и рекомендации содержат основные результаты, полученные в процессе работы над диссертацией. В качестве рекомендаций перечислены области, где результаты данного исследования могут применяться.

Решенная научная проблема в данной исследовательской работе *состоит в* определении пространственно-временных закономерностей изменчивости ветрового режима на территории Республики Молдова *с целью* его характеристики в условиях современного климата. Методы оценки ветровых параметров и их картографическая интерпретация *могут служить* основой для создания Климатического Атласа ветрового режима.

1. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМА ВЕТРА

Неравномерность прогрева земной поверхности способствует возникновению переноса воздушных масс, т.е. ветра. *Ветер* является одним из основных климатообразующих метеорологических элементов, который характеризует физическое состояние атмосферы. Он является важнейшим показателем погоды и климата, влияя на температуру, испарение с поверхности почвы, транспирацию, распределение осадков. Ветер оказывает огромное влияние на условия жизнедеятельности человека, так как ему присущи как положительные, так и отрицательные свойства. Нередко он наносит значительный ущерб народному хозяйству: такие явления, как суховеи, сильные и ураганные ветры, смерчи являются стихийным бедствием. Например, за период наблюдений 1998-2007 гг. ущерб от смерчей составил 5993,3 тыс. леев, а самый обширный по охвату территории ураган, который распространился почти по всем географическим зонам республики 2 июля 1998 г., нанес материальный ущерб в сумме 25 369,7 тыс. леев, [175].

Положительные свойства ветра проявляются в том, что он является очистителем атмосферы от промышленного загрязнения, приносит свежесть в невыносимый летний зной, способствует уменьшению облачного покрова и повторяемости пасмурных дней.

Исследования ветрового режима позволяют использовать характеристики ветра с большим экономическим эффектом в сельском хозяйстве, в строительстве, в авиации, в энергетике и других областях деятельности. Различного рода агрономические мероприятия существенно зависят от воздействия приземного ветра на поверхностный слой почвы (просыхание переувлажненных поверхностей, опыление растений, перенос вредных насекомых). И, наконец, при умелом использовании, ветер представляет собой «океан голубой энергии», что немаловажно для Республики Молдова, не обладающей запасами традиционных энергетических ресурсов.

1.1. Анализ степени изученности параметров, характеризующих ветровой режим.

Метеорологические наблюдения на территории Республики Молдова начали регулярно проводиться с 1844 года преподавателем Кишиневского училища садоводства А. Д. Денгинком [121], но режим ветра не изучался на протяжении многих лет из-за отсутствия соответствующих измерительных приборов. Постоянные наблюдения за *направлением ветра* стали вести только с 1870 года на метеостанции Кишинев. Впервые в 1908 году Пантелеев П.С. опубликовал обобщенные данные о повторяемости ветров по румбам за период 1870 - 1906 гг., затем довел ряд наблюдений до 1913 года (Табл. 1.1).

Таблица 1.1. Повторяемость ветров по румбам (%) на метеостанции Кишинев за 1871-1880, 1887-1906, 1908-1913 годы (по данным Пантелеева П.) [193].

Месяц	Направление							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	12	10	9	14	8	7	11	29
Февраль	10	10	10	13	10	8	12	27
Март	10	10	11	18	10	8	9	24
Апрель	10	10	7	20	14	8	8	23
Май	10	8	10	19	13	8	8	24
Июнь	12	6	6	11	11	9	15	30
Июль	12	6	4	7	10	7	17	37
Август	11	8	5	9	10	8	16	33
Сентябрь	10	6	6	13	12	9	13	31
Октябрь	10	8	10	19	13	8	10	22
Ноябрь	11	8	10	16	13	9	10	23
Декабрь	11	8	10	14	10	10	11	26

Савченко Я. представил данные о направлении ветра по метеостанциям Кишинев, Сороки и Гринауцы [235] (рис. 1.1).

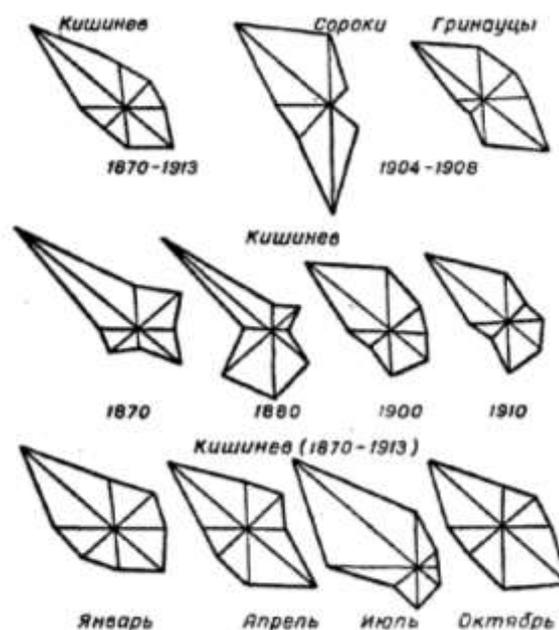


Рис. 1.1. Розы ветров на метеостанциях: Кишинев (1870-1913 гг.); Гринауцы и Сороки (1904-1908 гг.).

Анализ материалов позволил установить, что для территории Молдовы характерно преобладание северо-западных и юго-восточных ветров. Подтверждение о преобладающих ветрах данных направлений в течение года можно обнаружить в работах А.И. Воейкова [104], Н. Киса («Бессарабское сельское хозяйство» - Метеорологические обзоры, 1910).

Скорость ветра начали регистрировать с 1875 года на метеостанции Кишиневского реального училища. В конце XIX столетия метеостанции и наблюдательные пункты бывшей Бессарабской губернии были включены в метеорологическую сеть Юго-запада России. Данные этих станций и пунктов обрабатывались метеорологической лабораторией Новороссийского университета и Николаевской Главной физической обсерваторией. Сведения о распределении скорости ветра на территории Молдовы встречаются в работах видных ученых: А.В. Клоссовского [139], Н.В. Симонова [243], И. Керсновского [138], М.А. Рыкачева [234], М.Е. Подтягина [198]. В таблице 1.2 представлены данные И. Керсновского о среднегодовой скорости ветра за период 1876-1880 гг. на метеостанции Кишинев.

Таблица 1.2. Режим скорости ветра (м/с) на метеостанции Кишинев за 1876-1880 гг.

Год наблюдений	Сроки наблюдений (часы)			Суточная амплитуда	Среднегодовые скорости
	7	13	21		
1876	2,4	4,3	2,4	1,9	3,0
1877	2,4	3,9	2,5	1,5	2,9
1878	2,4	3,9	2,6	1,5	3,0
1879	2,4	4,2	2,7	1,8	3,1
1880	2,2	3,9	2,3	1,7	2,8

Анализируя показания среднегодовых скоростей ветра, можно сделать вывод об определенной устойчивости ветрового режима, т.к. суточная амплитуда за пятилетний период изменялась в пределах 1,5 - 1,9 м/с, а среднегодовые значения скорости ветра сохранялись приблизительно на одном уровне от 2,8 до 3,1 м/с.

Наблюдения за режимом ветра в период с конца XIX-го - начало XX-го веков позволили охарактеризовать такие основные показатели, как среднегодовая скорость ветра, ее годовой и суточный ход, повторяемость ветра по румбам.

Дальнейшие исследования ветрового режима проводились с учетом геоморфологических особенностей территории, высоты установки флюгера и степени его

открытости. В советское время обработка многолетних данных метеостанций проводилась по единой методике, принятой для всего Советского Союза [141, 142, 164, 227]. Особые требования к анализу изменений ветровых характеристик были обусловлены необходимостью оценки и определения перспектив в использовании ветроэнергетических ресурсов территории. Так, например, в 1950 году в Молдове были произведены расчеты для составления схемы местных энергетических ресурсов. Молдавские ученые Романенко Н.Н., Щеглов Ю.А., Москалюк И.С. предприняли попытки разработать ветроэнергетический кадастр [180, 213]. Отказ от этой идеи впоследствии был определен низкими ценами на энергоресурсы. Данный вопрос вновь приобрел актуальность в конце 80-х годов прошлого века.

Основополагающим литературным источником для диссертационного исследования явилась монография Лассе Г.Ф. «Климат Молдавской ССР» [151], где представлена достаточно полная характеристика ветра, как природного ресурса на территории Республики Молдова. Автором было установлено, что ветровой режим характеризуется преобладанием двух противоположных направлений ветра северо-западного и юго-восточного и скоростей в пределах 2,5 - 4,5 м/с. Отмечено, что в течение года происходит перераспределение в повторяемости направления ветра: летом преобладают северо-западные и северные ветра, зимой увеличивается повторяемость юго-восточных и южных ветров. По данным многолетних наблюдений (5 - 10 лет) были составлены карты повторяемости направления ветра в течение года, а также в теплый и холодный периоды (июль, январь).

Описание основных параметров ветра и общих закономерностей их пространственно-временного распределения на территории Молдовы содержится и в других изданиях справочного и научного характера [75, 76, 77, 182, 183, 247, 248].

В указанных исследованиях основное внимание уделялось генетическим особенностям и изучению пространственно-временных закономерностей изменчивости поля ветра на территории Республики Молдова: климатографии ветров, методике вычисления и районирования характеристик ветра. Следует отметить, что в последние 3 десятилетия в республике не проводились фундаментальные исследования ветрового режима.

В настоящее время мнения специалистов сходятся на том, что климат Республики Молдова претерпевает определенные изменения, связывая их с имеющими место глобальными изменениями. Наблюдаемое изменение климата сказывается на различных

климатических характеристиках. В первую очередь отмечается повышение глобальной температуры воздуха, изменение режима осадков и скорости ветра. Как указывалось в IV оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2007), ожидается увеличение частоты экстремальных явлений: ураганов, штормов, наводнений и др. На региональном уровне изменение климата находит свое отражение в более высоких температурах зимнего сезона, в более раннем наступлении весны, в росте годовых сумм осадков, в увеличении частоты аномальных погодных условий и т.д. [10]. Изменения климата на территории Республики Молдова могут иметь многочисленные и серьезные последствия для природного комплекса, экономики, в первую очередь, для сельского хозяйства, а также для здоровья населения. Чтобы получить объективную картину, оценить выгоды или ущерб от климатической variability, необходимо провести сбор данных, систематизацию и анализ обширной информации.

В связи с этим, в данной научной работе поставлена задача отобразить характер долговременных изменений скорости ветра, произошедших в XX-ом веке и в современный период времени.

Методологической основой исследования ветрового режима на территории Республики Молдова явились теоретические труды не только отечественных, но и зарубежных ученых. Изучение режима ветра в нижнем слое воздуха проводилось такими учеными, как Подтягин М.С. (1935, 1938), Сапожникова С.А. (1948, 1950, 1958, 1966), Милевский В.Ю. (1960, 1962), Анапольская Л.Е. (1961) и др. В их научных трудах представлено подробное описание таких характеристик, как средняя месячная и годовая скорость, повторяемость ветра различной скорости по направлениям, методика учета местоположения метеостанций и степени их защищенности.

Ввиду преобладания расчлененного рельефа на территории Республики Молдова, важным для диссертационной работы в теоретическом плане явилось изучение литературы о влиянии подстилающей поверхности на ветровые параметры. Весьма значимый вклад в раскрытие темы диссертационного исследования внесли классические труды Гольцберг И.А. «Микроклимат холмистого рельефа и его влияние на сельскохозяйственные культуры» (1962), «Опасные явления погоды и урожай» (1988), где предоставлена подробная информация об изменении параметров ветра в различных формах рельефа, о причине возникновения склоновых ветров. В ходе исследования мы обращались к работе Голубовой Т.А. «Погодные условия в связи с некоторыми особенностями микроклимата» (1966), в которой подробно описывается методика расчета повторяемости тихих ясных ночей за период с температурой воздуха выше 10°C весной,

необходимая для характеристики склоновых ветров в условиях холмистого рельефа. С помощью данных показателей была составлена карта «Повторяемость склоновых ветров на территории СССР» (Микроклимат СССР, под редакцией Гольцберг И.А, 1967). Указанный литературный источник предоставил возможность ознакомиться с методикой введения количественных поправок в показания скорости ветра для основных форм рельефа и методикой построения картосхем с применением коэффициентов изменения скорости ветра, выражающих его усиление или ослабление по сравнению с открытым ровным местом.

С 1970-х годов проводится углубленное изучение микроклиматических особенностей различных территорий для правильного представления и использования природных климатических ресурсов. Для детального изучения связи режима ветра с микроклиматическими различиями конкретных территорий мы обратились к трудам Романовой Е.Н. «Режим ветра в пересеченной местности» (1967), «Картирование ветровых характеристик в сложном рельефе на картах разного масштаба» (1972), «Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата» (1977), «Ветровой режим на территории освоения БАМ» (1980). В перечисленных научных источниках содержится исчерпывающий анализ изменения ветровых характеристик в условиях пересеченного рельефа, приводится методика расчетов и составления микроклиматических карт скорости ветра с помощью методов географических аналогов. Так как для нашего исследования особый интерес представляет разномасштабное картирование коэффициентов изменения скорости ветра, то следует отметить работу Е.Н. Романовой «Разномасштабное картирование микроклимата» в книге «Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства» (1983). На примере Оренбургской области автором составлены карты коэффициентов изменения скорости ветра в мелком масштабе для области в целом и в крупном - для административного района и для отдельного хозяйства.

Связь ветра с другими климатическими параметрами подробно описана в работах Анапольской Л.Е. (1961), Васильевой Л.Г. (1970), Голубовой Т.А. (1972), Романовой Е.Н. (1966, 1970). Вопросы, касающиеся изменения направления воздушного потока в различные сезоны года под влиянием неоднородного рельефа, нашли обоснование в трудах таких классиков климатологии, как Рубинштейн Е.С. и Дроздов О.А. (1970). Они разработали метод построения карт преобладающего направления ветра способом изогон, который был рекомендован для составления комплексных научно-справочных атласов.

В связи с глобальным изменением климата, проявляющимся и на региональном уровне в увеличении экстремумов различных климатических показателей, возрастает

потребность в надежной информации об опасных явлениях погоды. Во многих научных работах особое внимание уделено характеристике больших скоростей ветра: «Смерчи и шквалы умеренных широт» Будилина Е.Н., Прох Л.З., Снитковский А.И. (1976); «Климат в прошлом и будущем» Бudyко М.И. (1980); «Опасные явления погоды и урожай» Гольберг М.А., Волубеева Г.В., Фалей А.А. (1988); «Смерчеопасные зоны в СССР и размещение атомных станций» Брюхань Ф.Ф. (1989); «Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии» Бабиченко В.Н. (1991); «Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты» Логинов В.Ф. (2002). В работах по данной тематике представлена методика расчета вероятностных характеристик сильного (более 15 и 25 м/с) и максимального ветров (более 30 м/с), разрабатывается методика определения смерчей и выделения основных смерчеопасных зон.

В 80-90-е гг. XX-го века исследования ветровых характеристик проводятся с целью решения прикладных задач, например, для разработки рекомендаций по ограничению загрязнения атмосферы, определяются параметры приземного ветра для оценки обстановки при авариях с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ. Следует отметить работы Брюхань Ф.Ф. (1989), Извекова А.С. (1997), Хачатурова Л.И. (1998), Мыслицкого В.А., Хомицкого Н.П. (1999), в которых анализируются условия накопления и рассеяния примесей в пограничном слое атмосферы, уделяется особое внимание прогнозам возможных изменений уровня загрязнения воздуха в зависимости от метеорологических условий.

С внедрением в научный процесс ЭВМ и разработки информационных систем, изучение ветровых характеристик поднялось на новый уровень. Происходит расширение баз данных, изучение возможностей численного моделирования с точки зрения воспроизведения изменчивости климата и экстремальных ситуаций. Анализируется микро - и мезомасштабная изменчивость ветровых характеристик в разных регионах мира, рассчитанных с помощью модели атмосферного пограничного слоя. В 1992 г. немецкие ученые Майер и Матцаракис, применяя ГИС – технологии на примере г. Мюнхен, разработали новый растровый метод определения путей перемещения воздушных масс в городе. В основе метода лежит детальная картографическая информация об использовании земель в городе и его топографии (Alexander Joachim, Speicher Markis, 2001). Среди методов при исследовании климата выделяются статистические методы и математическое моделирование. Работы следующих авторов касаются рассмотрения вопросов сглаживания временных рядов и выделения трендов на основе вычисления

сплайн-функций, исследования амплитуд временных рядов с помощью аппарата преобразования Фурье, таких современных методов спектрального анализа, как СВАН- и вейвлет-анализ: Берлянт А.М. «Картография и геоинформатика» (1999), «Образ пространства: карта и информация» (1986), «Большая картография, как интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования» (2003); Логинов В.Ф. «Анализ и моделирование климатических процессов в Беларуси» (2003).

Ввиду того, что в данной диссертационной работе особое внимание уделяется исследованию ветроэнергетических ресурсов, необходимым представлялся анализ литературных источников, посвященных этой теме. Климатологические аспекты ветроэнергетики составили целый раздел прикладной метеорологии и климатологии, охватывающие широкий круг задач. Прежде всего, эти задачи относятся к режиму ветра, который начал исследоваться с одной стороны в качестве источника энергии, а с другой – как вредный фактор, определяющий ветровые нагрузки. Значительный вклад в изучение темы внесли работы Крассовского Н.В. (1923, 1936), Келлера М.В. (1930), Симонова Н.В. (1933), Подтягина М.Е. (1938), в которых вопросы использования ветра в качестве источника энергии были поставлены на научную основу. Неценима роль трудов таких авторов, как Фатеев Е.М. (1957, 1963), Андрианов В.Н. (1960), Гриневич Г.А. (1963), Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. (1978), которые посвящены методике определения энергетических параметров ветра и разработке ветроэнергетического кадастра. Важным подспорьем в написание диссертации можно по праву считать труды молдавских ученых: Романенко Н.Н. «Энергетическая характеристика ветрового режима МССР» (1959), «Ветроэнергетические ресурсы и их использование в сельскохозяйственном производстве» (1964), Москалюк И.С. «К вопросу разработки ветроэнергетического кадастра Молдавии» (1966), «Применение новых типов ветронасосных установок в сельском хозяйстве Молдавии» (1972), где наряду с исследованием ветрового режима авторы решают ряд практических задач по составлению ветроэнергетического кадастра, внедрению и усовершенствованию ветроагрегатов.

Вопросами оптимального учета природно-климатических ресурсов, наряду с решением технических проблем создания ВЭС занимались такие ученые, как Шефтер Я.И. (1975), Сидоров В.И. (1980), Зеленев В.В. (1983), Кобышева Н.В. (1983). В 80-е года возник интерес к разработке мощных ВЭУ, здесь можно выделить в первую очередь труды Харитоновой В.П. (1980, 1985), Ляхтер В.М. (1987), Агалакова В.С., Корнюшина О.Г. (1985, 1986), Брюхань Ф.Ф. (1987), Дробышева А.Д., Курыгина Л.И. (1987), Борисенко М.М. (1990), Безруких П.П. (1998).

В последние годы выполнен обширный комплекс методических и климатологических разработок по уточнению особенностей пространственного и вертикального распределения ветроэнергетических ресурсов (ВЭР) и районированию различных территорий по природно-климатическим ресурсам в слое атмосферы до высоты 200 м. Данные исследования представлены в работах Елистратова В.В. (2003), Борисенко М.М. (1989, 1994, 2005, 2006, 2007, 2008).

Для детального изучения методов определения ветрового потенциала на региональном уровне мы обратились к ряду методических указаний, руководств и учебных пособий: «Ветроэнергетика» под редакцией Д. де Рензо (1982); Шефтер Я.И. «Использование энергии ветра» (1983); Абдрахманов Р.С., Переведенцев Ю.П. «Возобновляемые источники энергии» (1992); Виссарионов В.И. «Расчет ресурсов ветровой энергетике» (1997); Лукутин Б.В. «Возобновляемые источники энергии» (2008); «Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами» под редакцией Кобышевой Н.В. (2008); Кундас С.П., Позняк С.С. «Возобновляемые источники энергии. (2009); Правила размещения ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь (2010); Безруких П.П. «Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие» (2010); Харитонов В.П. «Основы ветроэнергетики» (2010).

На современном этапе развития науки исследование потенциальных ветроэнергетических ресурсов не возможно без модельных оценок. Впервые в практике исследований попытка обобщить материалы климатического картирования по всему комплексу характеристик ветрового режима и расчетных показателей была сделана Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Главной Геофизической Обсерваторией им. А.И. Воейкова в «Атласах ветрового и солнечного климатов России» (под ред. М.М. Борисенко и В.В. Стадник, 1997).

Компьютерное моделирование нашло широкое применение в исследовательской области. Для моделирования скорости ветра в глобальном масштабе или на больших географических районах (макро-масштаб) применяется аналитический модуль NCCAR/NCCP, разработанный в США Национальным Центром Атмосферных Исследований (E.Kalnay, 1996). Система адаптирована к Гауссовой сети координат, позволяет моделировать скорость и направление ветра на различных высотах.

Законодателем в моделировании на мезо-масштабном уровне стал пакет прикладных программ WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), разработанный в Дании в Отделе по ветровой энергетике (Wind Energy Division of Risó-DTU). Основанная на теории

воздушных потоков над местностью, программа WAsP является инструментом для прогнозирования ветрового режима и оценки энергетического производства турбин и ветряных парков. На базе данной программы был создан Европейский атлас ветра (European Wind Atlas. Henry Nielsen, 1989). Российско-Датским Институтом Энергоэффективности разработан «Атлас ветров России» с базой данных по 332 метеостанциям (2000). При его создании применялась международная методика «очистки» метеоданных от влияния окружающих условий с помощью программного пакета WasP. В настоящее время более 3 000 пользователей из 110 стран мира используют WAsP на этапах от анализа ветровых показателей до оценки ветропотенциала.

В Республике Молдова также проводилось исследование энергетических ресурсов ветра с использованием пакета программного обеспечения WasP, которое нашло отражение в работе «Energia regenerabilă. Studiu de fezabilitate» (P. Todos, I. Sobor, D. Ungureanu, A. Chiciuc, M. Pleșca, 2002). Была рассчитана скорость ветра на высотах 10, 25, 50, 100 и 200 м, определены параметры распределения Вейбулла и построены розы ветров для отдельных метеостанций. Результатом исследований явилась карта энергетического потенциала ветра в нашей республике на высоте 70 м.

Во многих странах карты ветров для ветроэнергетики создаются государственными структурами или с государственной помощью. Например, в Канаде Министерство развития и Министерство природных ресурсов создали «Атлас ветров Канады» с помощью компьютерной модели WEST (Wind Energy Simulation Toolkit), а так же разработали пакет прикладных программ RETScreen (International Clean Energy Project Analysis Software, 2004) для оценки энергии ветра и подсчета производительности ветротурбин различной мощности. В 2005 г. в рамках Программы Развития ООН были разработаны карты ветров для 19 развивающихся стран. В Швеции Ханс Бергстром (Hans Bergstrom, 2007) разработал программу MIUU (Meteorological Institute of Uppsala University) для расчета ветрового потенциала до 1 км высоты.

Большой объем теоретического и практического материала при исследовании ветроэнергетических ресурсов и построение картографических моделей был получен из работ западных исследователей: Modelling and Identification of a Wind Turbine System (N. Sh. Bao, 1990); Modeling of Wind Turbines for Power System Studies (Petru T., 2001); Advanced tools for modeling, design and optimization of wind turbine systems (Iov F., 2005); Analysis of wind shear models and trends in different terrains (M. L. Ray, A. L. Rogers, 2005); The analysis of the daily wind chill index of peak OMU station Romania by means of power spectra and

wavelet transform (G. Najjar, B.S. David, 2007); Wind resource mapping of Sweden – using the MIIU-model (Hans Bergstrom, 2008) и др.

Стоит уделить внимание интерактивной компьютерной программе Wind Power (Великобритания, 2008), которая позволяет установить связь между скоростью ветра и топографией, а также может использоваться для расчета производительности ветровых турбин с роторами диаметром от 2 до 100 м.

В большинстве случаев современные средства моделирования позволяют обеспечить высокий уровень адекватности модели. Одним из таких средств является интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем Simulink, интегрированный с прикладным пакетом MATLAB (Пронин Н.В., Мартыанов А.С., Соломин Е.В., 2011). Разработанная в Международном институте компьютерных технологий (г. Воронеж), модель обеспечивает доступ к широкому спектру инструментов анализа параметров ветра и для различных скоростей ветра при известных конструктивных параметрах ВЭУ позволяет получить механические и энергетические характеристики.

Указанные литературные источники и исследования привнесли значительный вклад в раскрытие изучаемой проблематики, позволили ознакомиться с методами оценки пространственно-временных характеристик ветрового режима и применить их для выявления его особенностей в пересеченном рельефе Республики Молдова, а также произвести картирование его основных показателей и ветроэнергетического потенциала.

1.2. Временная структура режима ветра с учетом региональных особенностей.

Республика Молдова расположена в юго-восточной части Европы, ее площадь составляет 33,84 тыс. км². С севера на юг республика простирается на 350 км, с запада на восток – на 150 км, сужаясь на юге до 20 км. Характерной чертой является ее вытянутость в меридиональном направлении. Несмотря на незначительные масштабы, территория республики отличается разнообразием рельефа (2/3 территории составляют склоны различной ориентации и крутизны). Рельеф оказывает значительное влияние на распределение водных объектов, почв, растительности и, в известной мере, определяет климат Республики Молдова. Ветер, наравне с температурой воздуха и осадками, входит в основные показатели климата.

Ветровой режим - это временная смена направления, силы и скорости ветра. Согласно исследованиям, проводившимся в республике, установлено, что особенности распределения поля ветра на ее территории обуславливаются сферой влияния сезонных центров атмосферы: Средиземноморского зимнего циклона, Черноморской зимней

депрессии муссонного происхождения, Южноазиатского летнего циклона. Характер распределения давления по территории меняется в зависимости от сезона года. В годовом ходе давления четко выделяются два основных периода: холодный (сентябрь-март) и теплый (апрель-август). Особенностью циркуляционных процессов для Молдовы является многообразие их сезонных изменений, преобладание антициклонической над циклонической циркуляцией. Максимум антициклонической циркуляции приходится на осень, минимум – на зиму [151, с. 288 - 307]. В теплую часть года Молдова находится в зоне воздействия Азорского антициклона. Под влиянием азорского максимума устанавливается связанная с ним область повышенного давления, которая приводит к преобладанию северо-западных и северных ветров (50-65% случаев в июле). В холодное время года, начиная с сентября месяца, республика находится под влиянием отрога Сибирского антициклона и Средиземноморской депрессии. Происходит формирование сибирского максимума, что приводит к увеличению повторяемости юго-восточных и южных ветров. В период с ноября по январь давление достигает наибольших значений, в результате чего происходит перераспределение в повторяемости ветра. В северных и центральных областях Молдовы с ноября по декабрь, как правило, отмечается ветер юго-восточного направления. На юге республики преобладают северные и северо-западные ветры при частой повторяемости южных и юго-восточных. В период с января по март устанавливается господство северо-западных и северных ветров при большой повторяемости южных и юго-восточных. Следовательно, на большей части территории Молдовы, наряду с основным северо-западным направлением ветра, в течение 3-4-х месяцев наблюдается значительная повторяемость юго-восточных ветров. На юге республики в течение всего года преобладают северные ветры. Граница северных ветров в холодный период года проходит примерно по линии Леово-Тараклия, а в теплый период она смещается южнее - Леово-Комрат [151, с. 374]. Повторяемость ветра определенного направления в условиях сложного, пересеченного рельефа соответствует характеру подстилающей поверхности [247, с. 6].

Представленная характеристика ветрового режима была отражена в монографии Г.Ф. Лассе (1978 г.) и научно-прикладных справочниках по климату (1966, 1972, 1990 гг.). Но, поскольку в этих работах были использованы данные метеостанций до 1980 года и, кроме того, информация ограничена как по числу пунктов, так и по спектру климатических характеристик, основной акцент в диссертационной работе сделан на углубленном изучении и всестороннем анализе параметров ветра в современный период.

Одним из основных показателей ветрового режима, характеризующий его особенности является *средняя скорость ветра* (климатическая норма скорости). Получение достоверной репрезентативной информации о скорости ветра зависит от многих факторов: от применяемых приборов и условий их размещения, от высоты установки датчиков, от методов наблюдений. Изучение и учет влияния этих факторов в условиях, когда на территории Молдовы происходит замена систем наблюдений за характеристиками ветра, а многие станции подвергаются значительному антропогенному влиянию, является очень актуальным.

Анализ закономерностей и особенностей распределения скорости ветра на территории Республики Молдова в условиях современного климата выполнялся на основе метода статистического моделирования. В качестве параметров использованы: средняя месячная, минимальная и максимальная скорости ветра, а так же их многолетние значения за период с 1957 по 2010 гг. Вариабельность значений поля ветра в пространственном отношении составляет от 1,9 до 3,8 м/с (таблица 1.3).

Таблица 1.3. Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) за период 1957-2010 гг.

Станции	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Бричень	2,8	3,0	2,9	2,9	2,5	2,3	2,2	2,0	2,1	2,3	2,7	2,7	2,5
Сорока	3,6	3,9	3,8	3,6	3,1	2,9	2,8	2,6	2,8	2,9	3,5	3,5	3,2
Каменка	3,2	3,5	3,6	3,5	3,0	2,6	2,4	2,2	2,4	2,6	3,3	3,2	3,0
Бэлць	2,8	3,3	3,4	3,4	3,0	2,7	2,5	2,3	2,3	2,5	2,9	2,7	2,8
Фэлешть	2,8	3,0	3,0	3,0	2,6	2,3	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8	2,7	2,6
Бравича	2,0	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,5	1,6	2,0	1,9	1,9
Дубэсарь	2,5	2,6	2,7	2,6	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	2,0	2,4	2,4	2,3
Корнешть	3,1	3,5	3,5	3,4	2,9	2,6	2,5	2,5	2,6	2,9	3,3	3,1	3,0
Кишинэу	2,8	2,9	2,9	2,8	2,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,5	2,7	2,5
Тираспол	2,9	3,1	3,2	3,1	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,7	2,8	2,7
Леова	4,0	4,1	4,0	3,8	3,5	3,2	3,0	2,8	2,9	3,0	3,6	3,7	3,5
Шт.-Водэ	3,2	3,4	3,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,3	2,4	2,6	3,0	3,1	2,8
Комрат	2,9	3,1	3,1	3,1	2,8	2,7	2,5	2,3	2,3	2,4	2,6	2,7	2,7
Кахул	4,3	4,4	4,5	4,3	3,8	3,4	3,3	3,2	3,3	3,5	3,9	4,1	3,8

Полученные характеристики показали существенные пространственно-временные изменения внутригодовых средних скоростей ветра. Для наглядного отображения распределения изменений скоростного параметра ветра представлены графики его внутригодовой скорости на севере, в центре и на юге Республики Молдова (рис. 1.2).

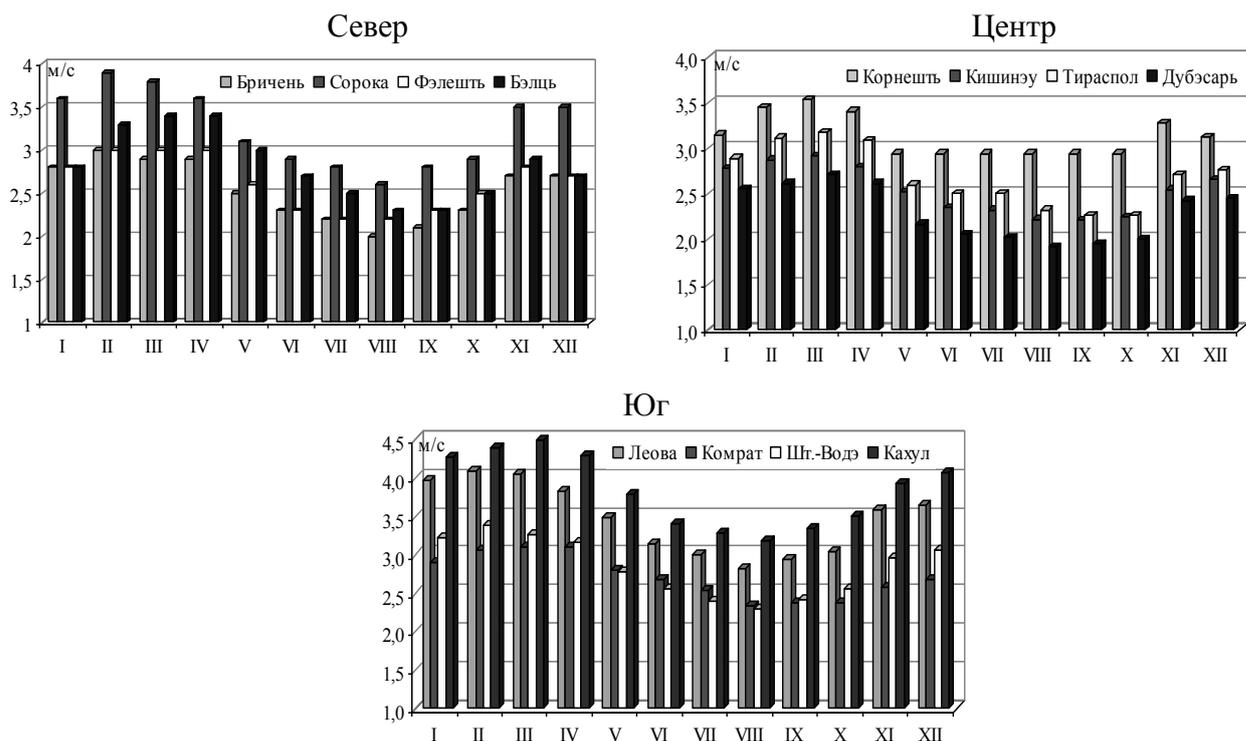


Рис. 1.2. Внутригодовое изменение скорости ветра за период 1957-2010 гг.

Как видно из графического материала, на севере республики с января по апрель внутригодовая скорость ветра отличается наибольшими показателями от 2,8 до 3,9 м/с. Максимальная скорость 3,9 м/с приходится на февраль (Сорока). С мая по июль происходит снижение скорости ветра в пределах от 3,1 - 2,8 до 2,5 - 2,2 м/с. Минимальные скорости 2,1 - 2,0 м/с зафиксированы в августе и сентябре. С октября по декабрь средняя месячная скорость ветра постепенно повышается от 2,5 до 3,5 м/с.

В центральной части Республики Молдова в целом прослеживается такая же внутригодовая тенденция изменчивости скорости ветра, за исключением данных по метеостанции Бравича. Данная метеостанция расположена на высоте 78 м над уровнем моря в сильно защищенной местности, окруженной холмами, в результате чего здесь самые низкие в республике значения скорости ветра. Так же, как и на севере, усиление ветра в центральной зоне республики отмечено с января по апрель от 2,8 до 3,5 м/с. Максимум 3,5 м/с зафиксирован в феврале (Корнешть). Снижение показателей скорости ветра происходит с мая по июль от 2,9 до 2,3 м/с. Минимальное значение 2,2 м/с приходится на август (Кишинэу). В период с октября по декабрь скорость ветра увеличивается от 2,2 до 3,3 м/с.

На юге отмечены самые высокие показатели среднемесячной скорости ветра. Так же как и в остальных регионах с января по март наблюдается внутригодовое увеличение скорости ветра от 2,9 до 4,5 м/с. Максимум в отличие от северной и центральной части

Молдовы зафиксирован в марте (Кахул, 4,5 м/с). Снижение скорости ветра происходит с апреля по июль от 3,8 до 2,4 м/с. Минимальные значения 2,3 м/с отмечены в августе (Штефан-Водэ) и в сентябре (Комрат). С октября по декабрь значения скорости ветра возрастают от 2,4 до 4,1 м/с.

Исследование экстремальных минимальных и максимальных среднемесячных скоростей ветра показали, что разница между значениями на севере республики составляет от 2,5 до 5,7 м/с, в центральной части – от 1,7 до 4,6 м/с и на юге – от 1,9 до 6,8 м/с. Наблюдается тенденция сдвига максимальных и минимальных значений скорости ветра во временном аспекте (рис. 1.3).

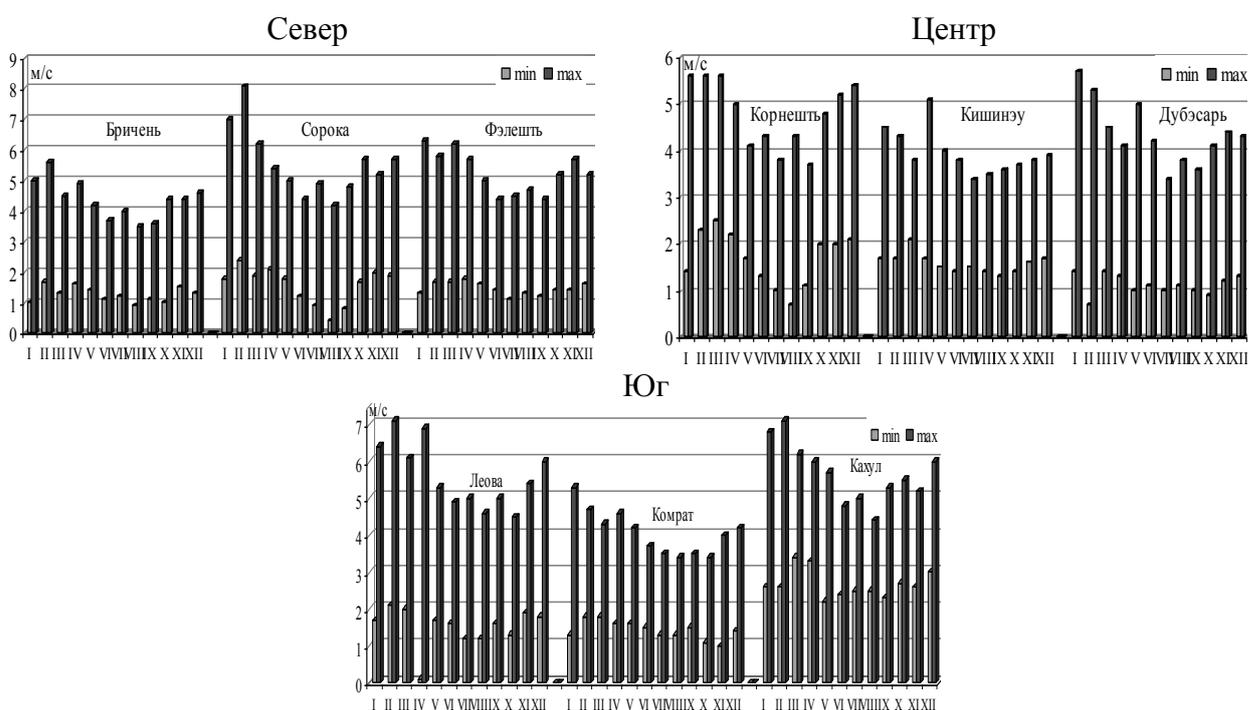


Рис. 1.3. Изменение экстремальных значений скорости ветра за период 1957-2010 гг.

Проведенное внутривековое исследование экстремумов показало, что на всей территории республики за период 1957-2010 гг. наибольший максимум 8,1 м/с отмечен в феврале на метеостанции Сорока (1959 г.). В центре максимальное усиление ветра 5,7 м/с зафиксировано в январе (Дубэсарь, 1958 г.), на юге в феврале - 7,1 м/с (Леова и Кахул).

Минимумы скорости ветра на севере и в центре Молдовы приходятся на июль (Фэлешть 1,1 м/с) и август (Сорока 0,4 м/с), на юге - на апрель (Леова 0,1 м/с).

Отношение средней месячной максимальной скорости ветра к минимальной (коэффициент вариации КВ) колеблется по отдельным метеостанциям в значительных размерах: Бричень - от 2,9 до 5,0; Сорока 2,6 - 10,5; Фэлешть 3,1 - 4,9; Корнешть 2,2 - 6,1; Кишинэу 1,8 - 3,0; Дубэсарь 3,2 - 7,6; Леова 2,8 - 69,0; Комрат 2,3 - 4,1; Кахул 1,8 - 2,7.

Высокие значения коэффициента КВ объясняются в некоторых случаях тем, что в отдельные месяцы исследуемого периода были зафиксированы ветры с аномально высокой или низкой скоростью. Например, на метеостанции Леова в апреле минимальная скорость ветра составила 0,1 м/с, максимальная – 6,9 м/с; Дубэсарь в феврале минимум 0,7 м/с, максимум 5,3 м/с; Сорока в августе минимум 0,4 м/с, максимум – 4,2 м/с.

Основываясь на детальном анализе данных, можно сделать вывод, что в целом для Республики Молдова характерен двойной годовой ход скорости ветра: усиление до максимальных значений в зимне-весенний период и снижение до минимальных показателей в летне-осенний. В период с января по апрель показатели средней скорости ветра варьируют от 2,8 - 4,5 м/с. С мая по июль происходит их снижение от 3,8 до 2,2 м/с. В августе и сентябре скорость ветра достигает минимальных показателей 2,1 - 2,0 м/с. Осенью с октября по декабрь наблюдается небольшое увеличение скорости ветра от 2,2-2,7 м/с до 3,9 - 4,1 м/с. Максимальная среднемесячная скорость 4,5 м/с отмечена в марте (Кахул), минимальная – в августе и сентябре 1,5 м/с (Бравичи).

Временные особенности изменения распределения среднегодовой скорости ветра подтвердились с помощью проведенного исследования с использованием метода линейных трендов, построенных для отдельных метеостанций, расположенных в северной, центральной и южной зонах республики (как пример, рис. 1.4).

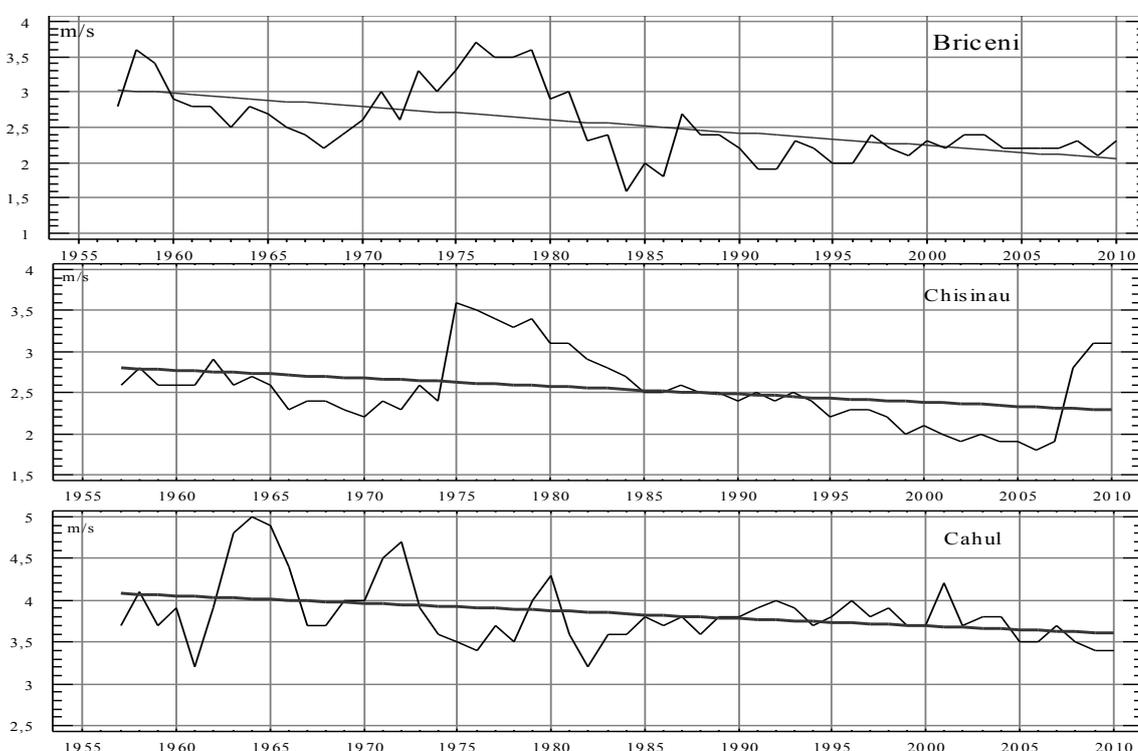


Рис. 1.4. Изменение среднегодовой скорости ветра на территории Республики Молдова (1957-2010 гг.)

Дополнительно было рассмотрено распределение среднегодовой скорости ветра по десятилетиям. Следует отметить, что в XX-ом столетии наиболее интенсивные ветры наблюдались на всей территории республики в период 1957-1970 гг., а затем происходит преимущественное уменьшение скоростных показателей. Средняя скорость до 1970 г. составляет 3,3 м/с, в 1971-1980 и 1981-1990 гг. – 2,8 м/с, 1991-2000 гг. – 2,5 м/с, 2001-2010 гг. - 2,4 м/с.

На основании полученных данных можно установить общую последовательность в изменении режима ветра на всей территории Республики Молдова в XX-ом столетии и в начале XXI-го века. Расчеты показали, что в целом по республике за период 1957-2010 гг. значения среднегодовой скорости ветра варьируют от 1,9 до 3,8 м/с, а средняя многолетняя скорость ветра составляет 2,8 м/с. Отклонение средней годовой скорости ветра от средней многолетней в сторону увеличения составляет на метеостанциях Каменка и Корнешть 0,2 м/с, Сорока 0,4 м/с, Леова 0,7 м/с, Кахул 1 м/с (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Отклонение среднегодовой от средней многолетней скорости ветра на территории Республики Молдова за 1957-2010 гг.

Уменьшение скорости ветра наблюдается в Тирасполе на 0,1 м/с, Фэлешть 0,2 м/с, в Бричень и Кишинэу на 0,3 м/с, в Дубэсарь на 0,5 м/с и в Бравича на 0,9 м/с. Наибольшее отклонение скорости ветра от средней многолетней в отдельные годы не превышает 32-35%.

Для выявления *пространственных особенностей* изменения скорости ветра на территории Республики Молдова в XX и в начале XXI-го веков были выбраны два временных периода: I - 1961-1990 гг., рекомендованный Всемирной Метеорологической Организацией в качестве базового «климатического периода» и II - 1991-2010 гг., характеризующий ветровой режим на современном этапе.

Оценка внутригодовой изменчивости средней скорости ветра показала, что в целом по республике происходит ее уменьшение в 1991-2010 гг. по сравнению с базовым периодом на 0,6 м/с (0,2 до 1,5 м/с). На севере республики снижение скорости ветра

наблюдается в среднем на 0,4 м/с от 2,7 - 3,3 м/с до 2,1 - 2,8 м/с; в центре – на 0,6 м/с от 2,1 - 3,2 м/с до 1,4 - 2,9 м/с; на юге – на 0,7 м/с от 2,8 - 4,1 м/с до 2,4 - 3,7. Исключением является метеостанция Тираспол, где показатели увеличились на 0,4 м/с в 1991-2010 гг. (рис. 1.6).

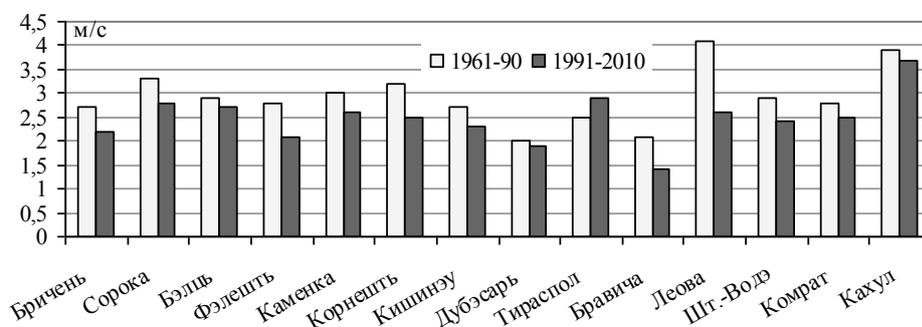


Рис. 1.6. Изменение среднегодовой скорости ветра в современный период, по сравнению с базовым.

Наибольшая разница в показателях скорости отмечена на юге в Леова - 1,5 м/с; в Фэлешть, Корнешть, Бравича - 0,7 м/с; Каменка, Штефан-Водэ - 0,6 м/с; Бричень, Сорока, Дубэсарь - 0,5 м/с; Кишинэу - 0,4 м/с; Комрат - 0,3 м/с; Бэлць, Кахул - 0,2 м/с.

Наряду со средней скоростью ветра уменьшились и максимальные показатели: на севере от 3,6 - 4,1 м/с до 2,4 - 3,7 м/с; в центре – от 3,3 - 3,8 до 2,5 - 3,5 м/с; на юге – от 3,4 - 5,0 до 1,8 - 4,2 м/с. Так же снизились и минимальные показатели: на севере от 1,6 - 2,5 до 1,7 - 2,0 м/с, в центре от 1,5 - 2,7 до 1,5 - 2,0 м/с, на юге от 1,9 - 3,3 до 1,7 - 3,4 м/с (рис. 1.7).

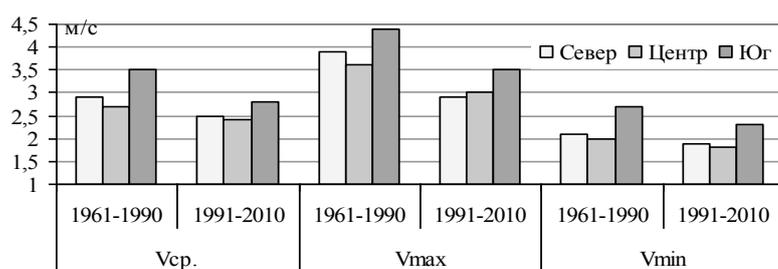


Рис. 1.7. Пространственно-временное изменение скоростных параметров ветра.

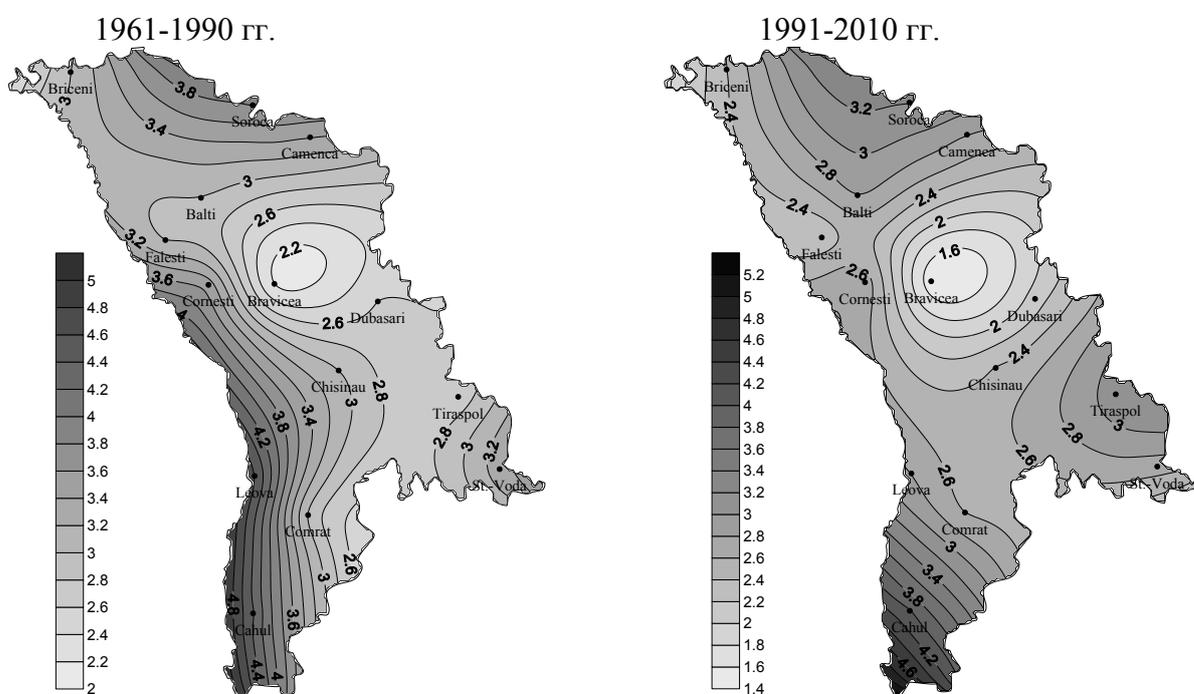
Завершающим уровнем аналитической обработки накопленного к настоящему времени объема многолетних наблюдений, явилось картирование ветровых параметров. Пространственно-временная картографическая модель, обобщенная по средним многолетним показателям, позволяет получить надежную характеристику и дать научное объяснение выявленным географическим закономерностям изучаемого параметра. При составлении карт средней скорости ветра использовались Гис-технологии, в частности, Surfer (продукт американской компании Golden Software) - мощный картографический

пакет для ученых и инженеров, позволяющий создавать и редактировать карты. Цифровая модель поверхности традиционно представляется в виде значений в узлах прямоугольной регулярной сетки, дискретность которой определяется в зависимости от конкретной решаемой задачи. С помощью набора очень точных и производительных алгоритмов интерполяции данных, имеющихся в данной программе, предоставляется возможность графически отобразить изучаемый объект в виде изолиний или же в виде трехмерного изображения [66, 157, 241].

Для наглядного представления об особенностях изменения режима ветра на территории Республики Молдова в XX –ом и в начале XXI –го веков были построены карты распределения скорости ветра по сезонам года за базовый и современный периоды (рис. 1.8 а, б, в, г). В качестве метода изображения был выбран способ изолиний с послонной окраской. Построение изолиний осуществлялось с помощью алгоритмов интерполяции: Минимизация Кривизны (Minimum Curvature).

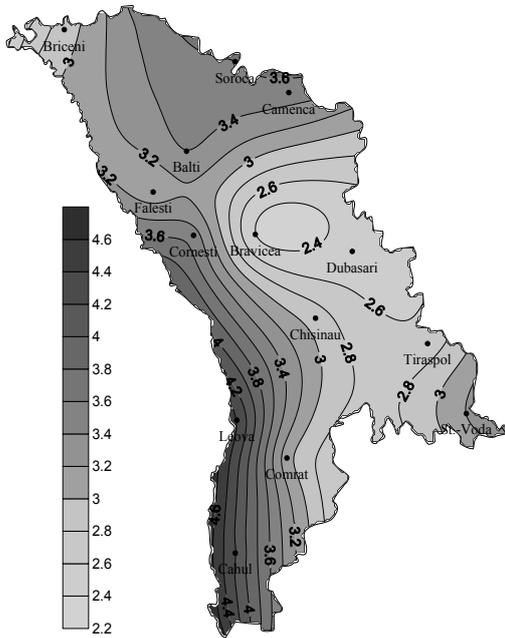
Сравнивая ход скорости ветра в различные сезоны года, следует отметить, что в современный период по сравнению с базовым климатическим периодом, происходит уменьшение скоростных параметров в среднем зимой на 0,6 м/с, весной и летом на 0,5 м/с, осенью на 0,3 м/с.

а) Зима

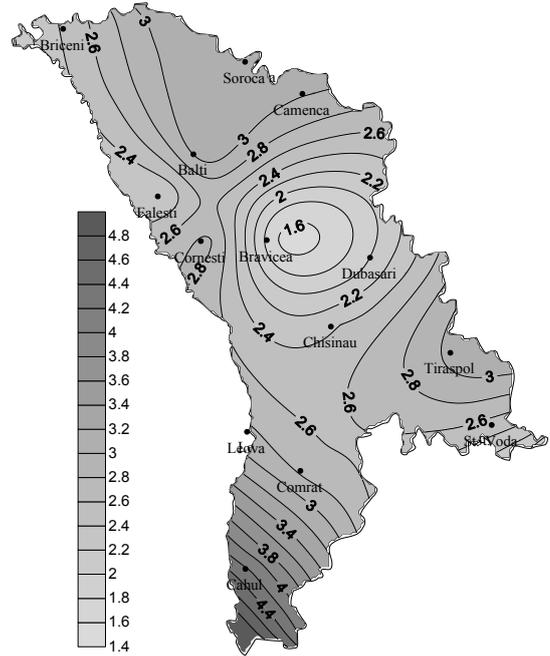


б) Весна

1961-1990 гг.

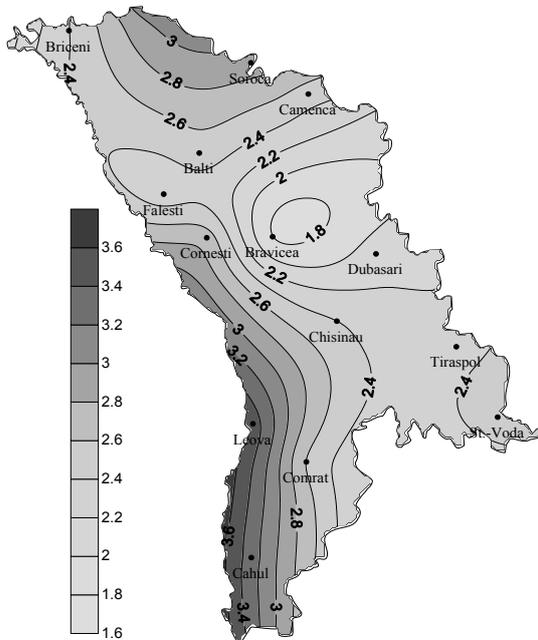


1991-2010 гг.

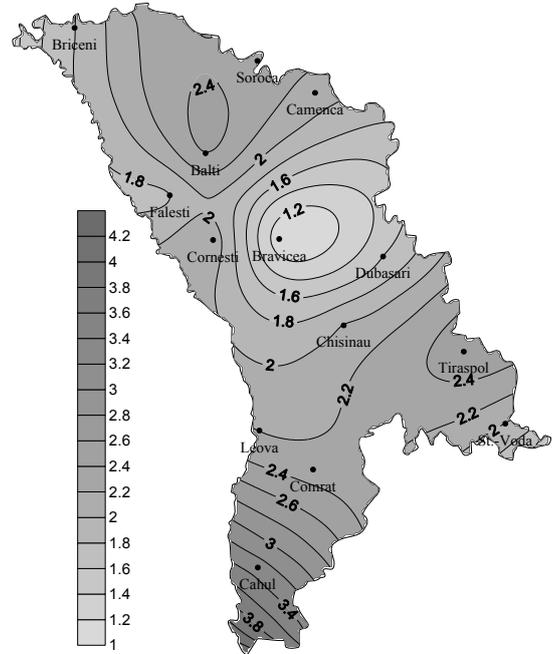


в) Лето

1961-1990 гг.



1991-2010 гг.



г) Осень

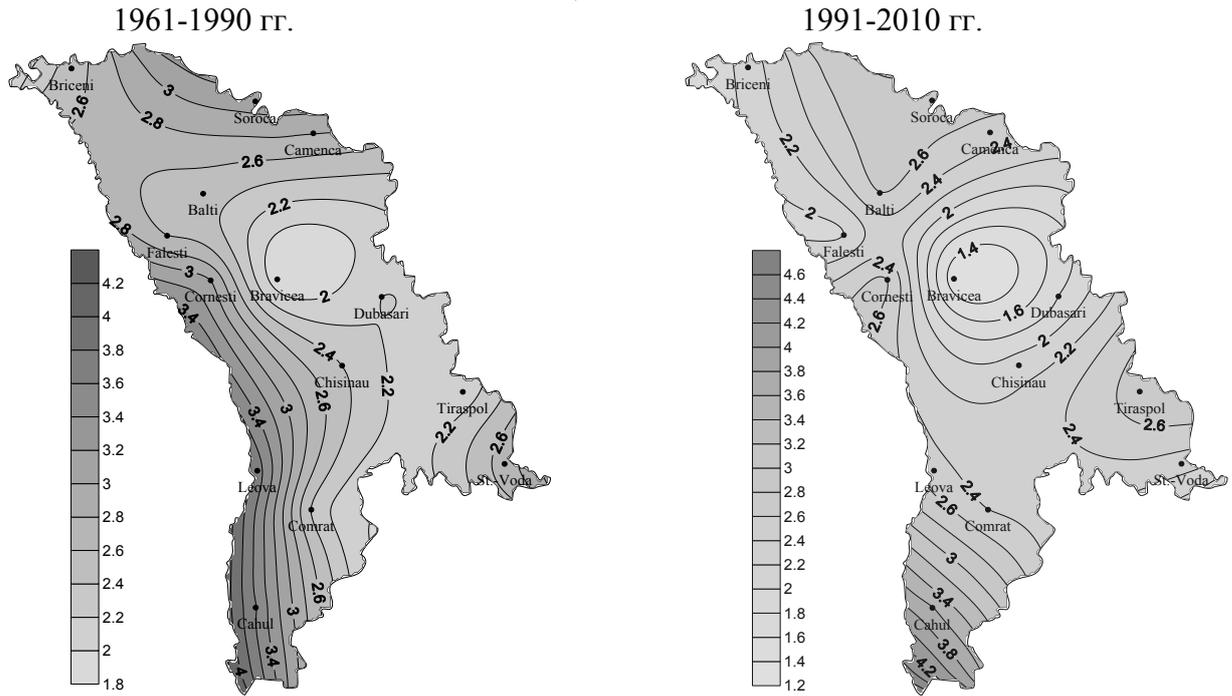


Рис. 1.8. Сезонные изменения скорости ветра за 1961-1990 и 1991-2010 годы.

Применение картографических моделей, которые являются на сегодняшний день эффективным средством географического исследования, дало возможность выявить и проследить пространственные особенности изменения режима ветра во времени. Для этого были составлены карты среднегодовой скорости ветра за два временных периода: 1961-1990 гг. и 1991-2010 гг. (рис. 1.9).

В период 1961-1990 гг. скорость ветра более 3 м/с отмечается повсеместно на севере, на западе и на юго-востоке страны. На юге по линии Леова - Кахул средняя скорость ветра превышает отметки 4 м/с. На современном этапе средняя скорость ветра более 3 м/с наблюдается только на юге республики, а 4 м/с - на крайнем юге, южнее метеостанции Кахул. Сравнивая современный климатический период с базовым, установлено уменьшение скорости ветра: на севере республики от 2,7 - 3,3 м/с до 2,1 - 2,8 м/с; в центре - от 2,4 - 3,2 м/с до 1,9 - 2,9 м/с; на юге - от 2,8 - 4,1 до 2,4 - 3,7 м/с.

Используя метод оценки полученного картографического материала, можно отметить явное изменение ветрового режима на территории Республики Молдова. В XX-ом веке средняя скорость ветра варьирует в пределах 2,1 - 4,1 м/с, в начале XXI-го столетия наблюдается снижение скоростных показателей до 1,4 - 3,7 м/с. Средние многолетние значения уменьшаются в среднем по республике на 0,5 м/с, от 2,9 до 2,5 м/с.

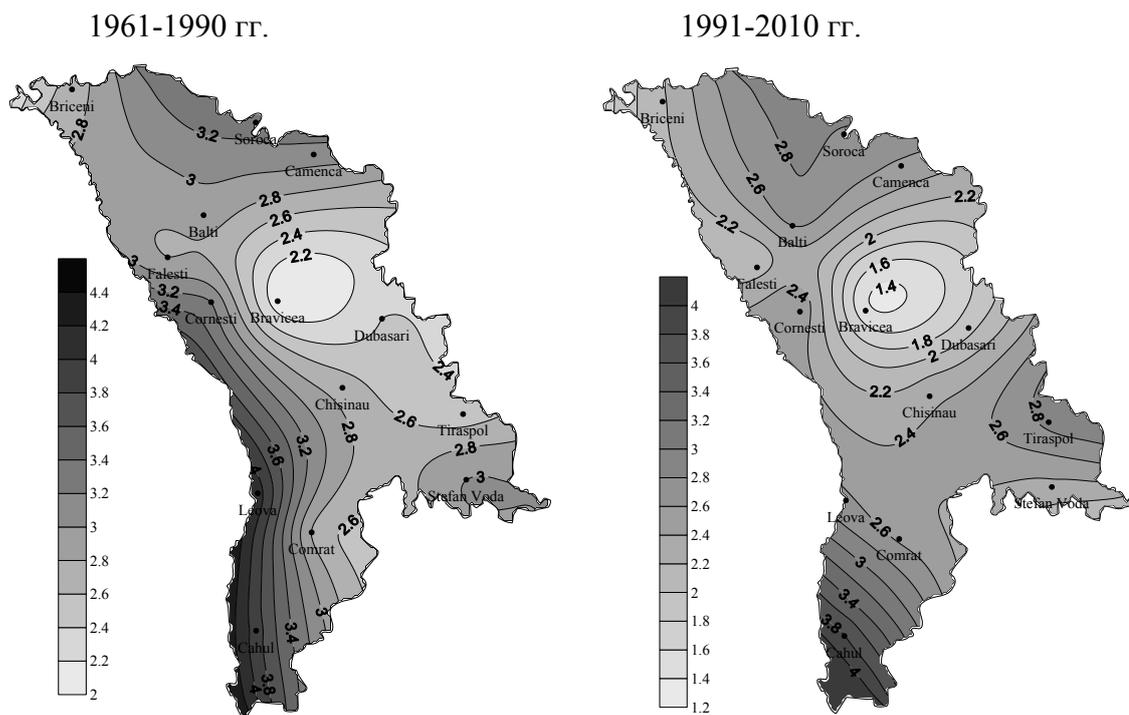


Рис. 1.9. Изменение среднегодовой скорости ветра в современный климатический период по сравнению с базовым.

Основываясь на проведенном исследовании, можно выделить группу причин, определяющих уменьшение скорости ветра на территории Республики Молдова. Во-первых, это замена ветроизмерительных приборов. Во-вторых, изменение защищенности метеостанций вследствие застройки окружающей территории и роста древесной растительности. В-третьих, смена циркуляционных эпох и колебания индекса солнечной активности. В-четвертых, глобальное потепление. Изменение ветрового режима в Молдове совпадает с общей тенденцией изменения атмосферной циркуляции. При изучении направленности климатических изменений используется одна из наиболее известных классификаций атмосферных процессов Вангенгейма Г.Я. - Гирса А.А., с помощью которой проводится оценка периодов устойчивой циркуляции, определяемых по продолжительности существования типов форм циркуляции: W (западная), E (восточная), С (меридиональная) [70]. Продолжительность периодов устойчивой циркуляции является важным показателем не только погодных, но и климатических флуктуаций. С изменениями в атмосферной циркуляции можно связать рост неустойчивости атмосферных процессов, климата и аномалии погоды.

Многими учеными, занимающимися циркуляционными процессами в атмосфере, например, Гирсом А.А [107, 109, 114], Дзердзеевским Б.Л. [123, 124, 125], Багровым Н.А. [83], Будыко М.И. [95] и др. доказано, что в распределении периодов устойчивой

циркуляции в XX-ом веке имелись существенные изменения, которые отразились на метеорологическом, климатическом и гидрологическом режимах. Анализ изменения форм атмосферной циркуляции в годовом разрезе за столетний период показал, что в первой половине XX-го века наибольшее количество устойчивой циркуляции продолжительностью 11 - 20 дней соответствовало форме W, в 30 - 40-е годы возрастает количество периодов с формой E, в 60 - 70-е годы преобладают формы E и C [189]. К концу 80-х гг. наблюдается ярко выраженное увеличение повторяемости западной формы циркуляции W и существенное уменьшение восточной формы E. Частота меридиональной формы циркуляции C на фоне долгопериодной изменчивости увеличилась незначительно [192]. Опираясь на литературные источники, посвященные исследованию атмосферной циркуляции с учетом преобладающей формы за период 1891 - 2010 гг., было выявлено, что в начале двадцатого столетия максимальное развитие получила эпоха западной зональной циркуляции W. Затем произошла смена на восточный тип циркуляции E (1929–1939 гг.). Начиная с 40-х гг. возрастает количество периодов с формой циркуляции C и E, что свидетельствует о начале эпохи меридиональной циркуляции. В 1960-х – 1970-х гг. происходила более частая смена погодных условий, а атмосферные процессы были менее устойчивы по сравнению с первой половиной XX века. К концу 80-х - началу 90-х гг. происходит перестройка циркуляционных процессов Северного полушария, усиливается их зональность, что свидетельствует об окончании меридиональной эпохи E (табл. 1.4). В начале XXI-го века наступает широтная эпоха западной циркуляции W [29, 34, 116, 144, 145, 159, 160, 161].

Таблица 1.4. Атмосферная циркуляция с учетом преобладающей формы (1900-2010 гг.)

Годы	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2010
Эпоха	W	W	W	E	C	E+C	E+C	E	E	E+ W	W

Некоторыми авторами отмечено, что в эпоху зональной циркуляции W скорость ветра в приземном слое атмосферы возрастает, а в эпоху меридиональной циркуляции C и восточной E – уменьшается. По данным метеорологических наблюдений, начиная с 70-х годов прошлого столетия, зафиксировано заметное уменьшение скорости ветра на территории Украины, которое продолжается и в настоящее время. Аналогичная тенденция отмечена на территории Беларуси и в некоторых районах Европейской части России [85, 91, 158, 168, 261]. Во второй половине XX-го века на Европейской территории Северного полушария, за исключением крайних южных районов, общий уровень скоростей ветра

резко понижился. Это связано в первую очередь не с увеличением повторяемости малых, а с уменьшением больших скоростей ветра [36].

В исследованиях, касающихся связи между силой ветра и глобальным потеплением, проведенных в США, Австралии, Китае и некоторых странах Европы, фиксируется общее ослабление ветров по всему миру [40, 45, 49, 50, 168]. Французские метеорологи проанализировали показатели средней скорости за последние три десятилетия на 822 метеостанциях, расположенных в Европе, Северной Америке, Центральной и Восточной Азии. Как оказалось, с 1979 г. по 2008 г. среднегодовая скорость ветра снизилась на 5–15% практически во всех изученных материковых областях. Наиболее выраженный эффект был отмечен в Евразии. По мнению Робера Вотара (Robert Vautard, 2010) из Версальского университета св. Квентина, вклад глобального потепления в ветровое затишье составляет 10-15% [72].

Группа ученых из ЗТИЕР (Анализ рисков возобновляемой энергии США, 2009) исследовала связь между изменением климата и тенденциями в изменчивости скорости ветра на территории Соединенных Штатов Америки и установила, что с 1973 года на Среднем Западе и в восточной части Соединенных Штатов отмечается уменьшение скорости ветра, а в северной части США и в Канаде участились ураганы и торнадо. Используя глобальные модели климата, были сделаны предварительные заключения о том, что в Северном полушарии «мощные» ветры сдвинулись к северу к более высоким широтам [59, 60].

Для территории Республики Молдова значительное ослабление скорости ветра, отмеченное во второй половине двадцатого века можно объяснить возросшей повторяемостью восточной формы циркуляции E и проявлением глобального потепления на региональном уровне.

1.3. Влияние различных физико-географических факторов на пространственную дифференциацию скорости ветра.

Неравномерное распределение скорости ветра в приземном слое воздуха в значительной степени зависит от следующих основных показателей: рельефа окружающей территории; шероховатости подстилающей поверхности; эффекта экранирования (затенения) зданиями и сооружениями.

Влияние рельефа проявляется в динамическом (механическом) и термодинамическом воздействии на изменение структуры воздушного потока. В результате динамического воздействия происходит усиление ветра на вершинах холмов, на наветренных и параллельных ветру склонах и ослабление ветра позади препятствий, на

подветренных склонах и в отрицательных формах рельефа, что приводит к вариабельности температуры и влажности воздуха. Термодинамическое воздействие способствует возникновению местной циркуляции - склоновых ветров, образованию так называемых «озер холода» или зон застоя в понижениях, а так же к большому различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками [113, с. 47-52].

Согласно теории горно-долинных ветров Фурнэ-Венгера и принципу Бьеркнеса термическое влияние склона приводит к тому, что местная циркуляция днем проявляется в виде восходящих движений вдоль склона, ночью - нисходящих с верхним противотоком [240]. Днем интенсивный турбулентный обмен и усиление скорости ветра препятствуют возникновению восходящих по склонам течений, поэтому чаще склоновые ветры наблюдаются в ночное время, особенно в устойчивую антициклоническую погоду. По своему генезису склоновые ветры могут быть включены в классификационную схему местных ветров, разработанную Бурманом Э. А. [96]. Проведенные аэрологические исследования позволили установить, что вариабельность скорости склонового ветра в холмистом рельефе достигает 1.5 - 2.0 м/с [111, 117]. Изменения суточного хода скорости ветра ярко выражены в теплый период года и слабее – в холодный. На режим склоновых ветров оказывает влияние разность высот в расчлененном рельефе. Местные циркуляции возникают в холмистом рельефе с относительными разностями высот между повышениями и понижениями, не превышающими 200 м. По мере увеличения разностей высот интенсивность стока возрастает. Кроме того, скорость склонового ветра в значительной степени зависит от площади воздухосбора, определяемой протяженностью и характером склона [237]. Анализ материалов наблюдений показал, что при невысоких скоростях ветра (3-5 м/с) влияние препятствий на ветер оказывается сильнее, чем при больших скоростях [215].

Изменение направления ветра происходит при обтекании препятствий вследствие отклонения воздушного потока от основного направления и определяется особенностями их распределения. Как правило, холмы оказывают сильное влияние на ветровой поток. Поток над идеализированным холмом с профилями ветра у подножия и на вершине, показан на рисунке (рис. 1.10). Усиление ветра наблюдается на вершинах холмов, на наветренных склонах и иногда также с боков холма. Ослабление скоростей ветра имеет место позади препятствий, на подветренных склонах и в отрицательных формах рельефа. В верхних частях подветренных склонов, где происходит обрыв струй при переваливании

потока и возникает вихревая зона, направление ветра неустойчиво и может поменяться в противоположную сторону от основного потока.

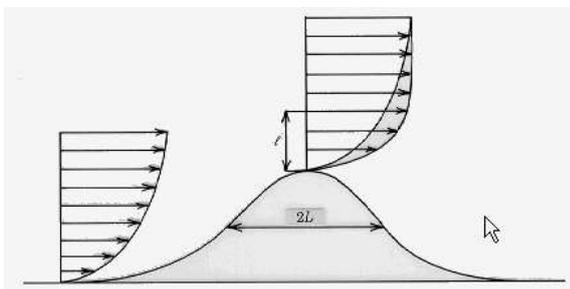


Рисунок 1.10. Профиль относительного увеличения скорости ветра при обтекании холма.

Примечание: два масштаба длины, характеризующие поток, обозначены так: L - характерная длина холма (здесь – половина ширины в середине холма); l - высота максимального относительного увеличения скорости.

Разнообразие форм в холмистом рельефе (долина, замкнутая котловина, возвышение среди равнины и т.д.) играет большую роль в изменении ветровых параметров. Из работ Гольцберг И.А., Сапожниковой С.А., Романовой Е.Н. [114, 216, 239] известно, что при ветрах, дующих вдоль долины, на дне долины может наблюдаться усиление ветра по сравнению с ровным открытым местом. При ветрах, направленных поперек долины, возможно ослабление скорости вследствие анемометрической тени склонов. Для объективной оценки изменения скорости ветра в разных формах рельефа необходимо сравнение с открытым ровным местом. Так же очень важен учет ориентировки склонов по отношению к направлению ветра.

Еще одним важным фактором, влияющим на пространственную дифференциацию поля ветра, является шероховатость подстилающей поверхности, определяющаяся с помощью коэффициента (Z_0). Коэффициент шероховатости характеризует степень расчлененности местности непосредственно вблизи пункта измерений. Фактически Z_0 – это высота, на которой скорость ветра становится равной 0, если профиль скорости имеет логарифмический характер изменения. Вертикальный масштаб зоны влияния препятствия на ветер распространяется примерно на высоту, втрое превышающую высоту препятствия, а горизонтальный – на расстояние, превышающее высоту в 30-40 раз. Например, если на пути преобладающего ветра встречается здание высотой 10 метров, то возникающая зона возмущения воздушного потока будет иметь параметры: высота 20 м, длина 200 м (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Влияние препятствия на характер воздушного потока [44].

Скорость ветра в значительной степени замедляется из-за лесов и больших городов, в то время как водные пространства или, к примеру, территории аэропортов почти не оказывают замедляющего эффекта на ветер. Имеющиеся препятствия специалисты оценивают, используя классификацию неровности рельефа (табл. 1.5).

Таблица 1.5. Классификация неровностей поверхности и рельефа

Вид поверхности	Класс неровности рельефа К	Размер шероховатости Z_0
Водная поверхность (море, озеро)	0	0,02 см
Снежная поверхность		0,05-0,1 см
Полностью открытый рельеф с гладкой поверхностью (взлетные полосы, ровные поля, скошенная трава)	0,5	0,24-0,5 см
Открытые области с небольшими лесозащитными полосами (равнины или небольшие холмы, пашня, травяные поля). Могут быть небольшие фермерские постройки, отдельно стоящие деревья или кустарники	1	1-3 см
Ровная, слегка холмистая местность, сельскохозяйственные угодья (поле с высокой растительностью, пшеничное поле) с несколькими зданиями и навесами высотой до 8 м, расположенными друг от друга на расстоянии около 1250 м	1,5	5 см
Ровная или слегка холмистая территория, хозяйственные земли с разбросанными областями построек и небольшими лесозащитными полосами, среднее расстояние между которыми составляет 1000 м	2	10 см
Сельскохозяйственные угодья с большим количеством зданий	2,5	20-25 см

или навесами высотой до 8 м, с деревьями, кустарниками, расположенными друг от друга на расстоянии около 250 м		
Территории с очень неровным рельефом, городские застройки, леса или сельскохозяйственные земли с многочисленными близкорасположенными лесозащитными полосами (расстояние несколько сотен метров).	3	40 см
Болота с растительностью		60 см
Города с высокими зданиями	3,5	80-150 см
Большие города, мегаполисы с высокими зданиями	4	160-200 см

Более высокий класс неровности рельефа означает увеличение количества препятствий на поверхности что, соответственно, приводит к снижению скорости ветра [122, 264].

Учет режима ветра и его изменения в различных формах рельефа имеет большое значение при выявлении наиболее благоприятных участков для размещения сельскохозяйственных культур. Например, при средней скорости ветра 3-5 м/с на полях (открытое ровное место), занятых посевами овощных культур на вершине и в верхней части открытого пологого холма (уклон 4 - 8⁰) скорость возрастает в среднем в 1,3 раза, а в долине или ложине, расположенной перпендикулярно направлению ветра, снижается на 0,6-0,7 м/с. В саду, по сравнению с открытым ровным местом, скорость ветра почти в 2 раза меньше, а в лесу на расстоянии 150-200 м от опушки даже сильный ветер уменьшается под кронами до штиля [220, с. 42]. В связи с этим при выборе участка для размещения теплолюбивых культур или закладки сада необходимо предусмотреть защиту от сильных, холодных, суховейных ветров, учитывая естественное ослабление ветра в различных формах рельефа путем посадки лесных полос. Лесные защитные полосы обеспечивают снижение скорости ветра на 20% на высоте 2 м и расстоянии 20 Н (Н - высота деревьев в лесной полосе) по сравнению с открытым полем. В саду, защищенном лесополосами, среди взрослых деревьев уменьшение скорости ветра достигает 50 - 60% [222].

В Республике Молдова исследование изменения скорости ветра в пересеченной местности проводились Кишиневской гидрометеорологической обсерваторией в 1967-1970 гг. во время наблюдений над микроклиматом на постоянных характерных точках вдоль трех маршрутов в Кагульском районе (с. Зернешты). Одновременно велись микроклиматические наблюдения на ближайшей опорной метеостанции Кагул (расстояние 12 км) и на метеорологическом посту Зернешты (на территории совхоза). По

соотношению данных на опорном пункте и на маршрутных точках определялся режим ветра в различных условиях местоположения и его изменения. Было выявлено, что на юге Молдовы наибольшую повторяемость имеют северные и южные ветры [152].

В период 1980-1990 гг. микроклиматические исследования проводились в лаборатории Климатологии Института Генетики Академии Наук. На территориях колхозов и совхозов в разных частях республики были организованы экспедиции, в ходе которых выявлено, что значительное усиление ветра до 4-5 м/с постоянно ощущается на открытых вершинах, в верхних частях северных и северо-западных склонов, в лощинах, продуваемых с севера-северо-запада на юг - юго-восток. Ослабление ветра до 0,5 м/с и застой воздуха наблюдаются на подветренных южных склонах, в непродуваемых ветром и замкнутых лощинах, долинах, оврагах и в нижних частях окружающих их склонов. Так же была установлена прямая связь между увеличением скорости ветра и суточным ходом температуры воздуха в дневные часы в различных эконишах [75, 172]. Анализ ветровых показателей в холмистом рельефе республики подтвердил выводы о влиянии подстилающей поверхности на ветровые характеристики, а также показал согласованность полученных экспериментальных материалов со средними многолетними данными ближайшей к району работ метеорологической станции.

1.4. Выводы к первой главе.

1. В процессе работы над литературными источниками были изучены основные методы исследования и оценки параметров ветра: методы статистической обработки данных, методы расчета коэффициентов изменения ветра в условиях неоднородной подстилающей поверхности, методика картирования скорости ветра, методика расчета и картирования таких опасных явлений, как сильные ветры, шквалы, ураганы, методы определения ветроэнергетических параметров ветра.
2. Полученный опыт помог определить базовую часть, сформулировать цель и задачи для исследования режима ветра на территории Республики Молдова.
3. В результате исследования особенностей ветрового режима установлено преобладание двух противоположных направлений ветра северо-западного и юго-восточного. В теплое время влияние сезонных центров атмосферы обуславливает преимущество северо-западных и северных ветров, а в холодное время года, при господстве северо-западного, увеличивается повторяемость южного и юго-восточного направлений ветра. На юге республики в течение года преобладают северные и южные ветры при частой повторяемости северо-западного и юго-восточного направлений.

4. Выявлен двойной годовой ход скорости ветра: усиление до максимальных значений в зимне-весенний период и снижение до минимальных показателей в летне-осенний.

5. Установлена тенденция уменьшения скорости ветра во второй половине XX века, определена группа причин данного явления. На территории Республики Молдова на современном этапе по сравнению с базовым климатическим периодом происходит уменьшение средних скоростей: зимой на 0,6 м/с, весной и летом на 0,5 м/с, осенью на 0,3 м/с. В территориальном плане в базовый период скорость ветра более 3 м/с отмечалась в республике повсеместно, а на юге по линии Леова - Кахул превышала 4 м/с. На современном этапе средняя скорость ветра более 3 м/с наблюдается только на юге республики, а 4 м/с - на крайнем юге, южнее метеостанции Кахул.

6. Выделены факторы, влияющие на распределение скорости ветра в приземном слое: рельеф окружающей территории, шероховатость подстилающей поверхности и препятствия на пути ветрового потока.

Реализованный в этой главе анализ специализированных литературных источников позволил определить основную **цель** исследования, которая состоит в оценке статистических характеристик ветрового режима и выявлении его пространственно-временных особенностей в условиях расчлененного рельефа Республики Молдова с учетом новых климатических условий.

Цель обусловила необходимость решения следующих **задач**:

- Создать информационный банк данных на технических носителях за весь период инструментальных наблюдений за параметрами ветра (1945-2010 гг.). Сформировать однорядные ряды.
- При помощи современных программных средств получить конкретный статистический материал, характеризующий пространственно-временную структуру ветра с целью вероятностных оценок и практического применения (средние, дисперсии, тренды, функции распределения и т.д.).
- Изучить влияние различных физико-географических факторов на пространственную дифференциацию поля ветра и адаптировать для территории Республики Молдова методы оценки изменчивости ветрового режима под влиянием микроклимата.
- Изучить многолетнюю изменчивость экстремальных проявлений ветра и охарактеризовать режим сильных ветров. Представить в картографическом виде районирование территории республики по степени воздействия ветров со скоростью 15, 25, 30 м/с.

- Представить климатологическое обоснование для использования ветра в качестве источника энергии.
- Разработать на основе ГИС-технологий картографические модели, отображающие различные аспекты пространственного и временного распространения поля ветра и ветроэнергетических ресурсов на территории республики.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материалы исследования.

Ввиду того, что режим ветер отличается большой изменчивостью, чтобы охарактеризовать его особенности в современный климатический период, в данной диссертационной работе основной акцент сделан на углубленном изучении и всестороннем анализе параметров ветра.

Исследование климатических показателей ветрового режима на территории Республики Молдова проводилось комплексно, согласно алгоритму, разработанному автором на основе изучения специализированной литературы, методов сбора и обработки данных, методов их анализа, оценки и интерпретации (рис. 2.1).

Алгоритм оценки ветрового режима проводился согласно следующей схеме:



Рис. 2.1. Схема действий при оценке ветрового режима

Метеорологическая сеть Республики Молдова состоит из 18 метеостанций, 15 постов и 20 агрометеорологических постов. Направление и скорость ветра фиксировались на всей сети метеостанций по показаниям флюгера с легкой, а с 1953 г. – с тяжелой доской, установленных на высоте от 10 до 13 м. С 1963 г. метеостанции перешли на 8-ми срочные наблюдения и для измерений ветра стали использоваться анеморумбометры М - 63М. В

качестве стандартной высоты расположения прибора принята высота 10 м. В настоящее время полностью завершена модернизация наблюдательной сети Республики Молдова. С 2009 г. на каждой станции устанавливается автоматизированная информационно-измерительная система АИИС «Погода», которая выполняет автоматическую обработку результатов наблюдений в установленные сроки и формирует оперативные и режимные сообщения без участия наблюдателя, что минимизирует ошибки персонала.

Небольшая по масштабам территория Республики Молдова и тесная пространственная корреляция климатических параметров позволяет относить общие закономерности их изменчивости, полученные по данным наиболее длиннорядных станций ко всему региону. В соответствие с этим в представленной диссертационной работе для оценки пространственно-временного изменения ветрового режима были выбраны 14 метеорологических станций Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова. При отборе станций, в соответствии с требованиями ВМО, были соблюдены следующие критерии: во-первых - данные должны иметь продолжительные, не менее 20-30-ти летние ряды однородных в климатологическом и статистическом отношениях измерений ветра; во-вторых - наблюдения за ветром должны проводиться регулярно, по одинаковой методике и одинаковыми приборами в одни и те же часы. Согласно установленным требованиям была произведена оценка местоположения метеостанций с учетом преобладающих форм рельефа и класса открытости ветроизмерительного прибора. Характеристика метеостанций и период наблюдений представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Период наблюдений за направлением и скоростью ветра на метеостанциях Республики Молдова.

Станция, степень защищенности, местность	Высота, м	Годы	Период наблюдений за ветром		Класс открытости флюгера	Дата установки М:63М
			направление	скорость		
1. Бричень полузащищенная, ровное место	238	1944-1970	1945-1949	1951-1993	5в 6в	1963
	242	1970-1993	1951-00	1993-00		
	261	1993-00				
2. Сорока открытая, возвышенность	173	1949-00	1949-00	1949-00	7а	1972
3. Каменка полузащищенная, ровное место	154	1950-00	1950-00	1950-00	7б	1965
4. Бэлць полузащищенная, ровное место	102	1946-00	1949-00	1946-00	6б	1965
5. Фэлешть полузащищенная, ровное место	162	1957-00	1957-00	1957-00	7а	1972

6. Корнешть полузащищенная, ровное место	232	1945-00	1945-00	1947-00	7а	1967
7. Бравича сильно защищенная, котловина, окружен ная холмами	78	1952-00	1952-00	1952-00	4в	1975
8. Дубэсарь сильно защищенная, котловина, окружен ная холмами	42	1957-00	1957-00	1957-00	5в	1965
9. Кишинэу полузащищенная, ровное место	Город 90	1946	1946-74	1947-1953 1954-1974	7б 5б	1965
	Обсерва тория 173	1975	1975-00	1975-00	7б	1975
	Ревака 86	1991	1991-00	1993-00	7б	
10. Тираспол полузащищенная, ровное место	19	1936-1993	1936-1940 1945-1993	1946-1993	6б 5б	1973
	40	1993-00	1993-00	1993-00	6б	
11. Леова полузащищенная, ровное место	34	1949-1962	1949-1962	1949-1962	6б	1965
	156	1962-00	1962-00	1962-00	7а	
12. Олэнешть полузащищенная, ровное место Штефан-Водэ	110	1949-1980	1949-1980	1949-1980	8б	1974
	173	1981-00	1981-00	1981-00	4в	
13. Комрат полузащищенная, ровное место	112	1945-1979	1945-1979	1945-1979	5б	1966
	133	1979-00	1979-00	1979-00	5б	
14. Кахул открытая, водораздел	39	1947-1962	1947-1962	1947-1962	6б	1966
	129	1962-1979	1962-1979	1962-1979	6 - 7б	
	196	1979-00	1979-00	1979-00	7б	

Большинство выбранных метеостанций относятся к полузащищенному типу и располагаются преимущественно на ровном месте.

Чтобы определить ветровой режим, необходимо уточнить рельеф местности и к какой высоте над поверхностью земли относятся показания скорости ветра в заданном районе. Согласно изученным литературным источникам, скорость ветра в первую очередь обуславливается степенью открытости местоположения станции. Классификация метеостанций по характеру микрорельефа их расположения приводится в работах Раевского А.Н. и Ивановой И.И. [208], Романенко Н.Н. [211], Лассе Г.Ф. (1978).

Для оценки особенностей режима ветра выбираются опорные метеостанции, находящиеся либо на равнинной местности, либо на наветренных или параллельных господствующему направлению ветра склонах пологих возвышенностей. Сюда также могут быть отнесены станции, расположенные в продуваемых долинах, лощинах, котловинах, в том числе городские станции, затененные местными предметами. Учет местоположения метеостанций и степени защищенности флюгера проводится по

классификации Милевского В. Ю. [169, с. 60-73]. Согласно данной классификации класс открытости метеостанции определяется с учетом преобладающих форм рельефа, оказывающих влияние на регистрацию флюгером ветрового потока. Степень открытости местоположения обозначается номером класса, чем он выше, тем меньше «затененность» станции и флюгера и тем больше регистрируемая скорость ветра на этой метеостанции (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Значения средней годовой скорости ветра и класс открытости метеостанций

№	Станции	Высота станции (м)	Высота флюгера (м)	Класс открытости и флюгера	Средняя годовая скорость ветра (м/с)
1	Бричень	261	10	6в (6)	2,5-3,4
2	Бэлць	102	11	6б (7)	2,5-3,4
3	Сорока	173	12	7а (11)	3,5-4,3
4	Каменка	154	13	7б (10)	2,5-3,4
5	Корнешть	232	11	7а (11)	2,5-3,4
6	Кишинэу	173	12	7б (10)	2,5-3,4
7	Тираспол	40	12	6б (7)	2,5-3,4
8	Кахул	113	11	7б (10)	3,5-4,3
9	Комрат	133	11	5б (5)	2,5-3,4
10	Бравича	78	13	4в (2)	1,4-2,4
11	Дубэсарь	42	11	5в (4)	1,4-2,4
12	Фэлешть	162	13	7а (11)	2,5-3,4
13	Леова	156	11	7а (11)	2,5-3,4
14	Штефан-Водэ	173	11	4в (2)	2,5-3,4

Примечание. В скобках указывается масштаб класса открытости флюгера.

Большинство выбранных метеостанций относится к седьмому классу открытости, которому соответствует среднегодовая скорость ветра 2,5 - 3,4 м/с на высоте флюгера 10 - 13 м. Решающее влияние рельефа на показания флюгера подтверждается тем, что на метеостанциях, расположенных на открытых возвышенностях, водоразделах, в верхних частях склонов (Сорока, Кахул) отмечаются более высокие скорости ветра по сравнению с метеостанциями, расположенными на ровном месте, но с полузащищенной установкой ветроизмерительного прибора (Бричень, Фэлешть, Кишинэу, Тираспол, Леова). На метеостанциях в условиях сильной защищенности, расположенных в котловинах, окруженных холмами, в нижних частях склонов, среди построек или древесных насаждений (Бравича, Дубэсарь) наблюдается снижение скорости ветра.

Дальнейшим шагом был сбор метеорологической информации о параметрах ветра. Исходным материалом для исследования и оценки пространственно-временного изменения ветрового режима на территории Республики Молдова явились данные метеорологических станций за весь период инструментальных наблюдений, а так же Справочники по климату (1966; 1972; 1990).

По каждой метеостанции из первичных источников были выписаны месячные значения скорости и занесены в электронные таблицы Microsoft Excel.

Анализ исследований, проводимых отечественными и зарубежными учеными, позволил сделать вывод о том, что показатели скорости ветра, определенные по разным приборам, различаются между собой. Объясняется это тем что, во-первых, период осреднения у флюгера и анемометра неодинаков: у флюгера двух минутное осреднение, у анемометра – десяти минутное; во-вторых, при больших скоростях ветра показания, измеренные флюгером, систематически завышаются. В настоящее время используются следующие методы приведения результатов измерений скорости ветра по анеморумбометру к флюгерным и обратно: метод М.М. Борисенко [166], метод В.И. Кондратюка [143], метод ГГО им. А.И. Воейкова [229].

В представленной диссертационной работе было проведено исследование рядов скорости ветра на предмет методической неоднородности по методике ГГО, согласно которой ряды флюгерных и анемометрических наблюдений обрабатывались отдельно [229, с. 65-72]. Расчеты средних месячных и годовых значений скорости ветра проводились по однородным 16-ти летним рядам флюгерных наблюдений за период 1950-1965 гг. (7 станций) и 1957-1972 гг. (6 станций), только в Бричень ряд составил 13 лет с 1951 г. по 1963 г. Установка анеморумбометров проводилась с 1964 г. (Бричень) по 1975 г. (Бравича). По показаниям анеморумбометра были образованы однородные 35-ти летние ряды за период 1975-2010 гг.

Выполненный сравнительный анализ показаний скорости ветра, полученных по различным приборам, позволил выявить, что средняя месячная скорость по флюгеру выше, чем по анемометру. Так, на севере республики разность в показаниях составляет от 0,1 до 1,8 м/с; в центре – 0,3 - 1,8 м/с; на юге – 0,1 - 0,9 м/с. Исследования среднегодовой скорости ветра, определенной по флюгеру и анемометру показали, что различия составляют на севере Молдовы 0,3 - 1,6 м/с, в центре 0,4 - 1,3 м/с, на юге 0,2 - 0,9 м/с (рис. 2.2).

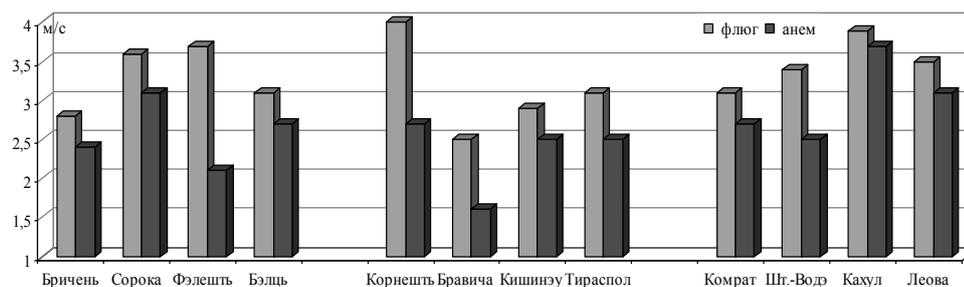


Рис. 2.2. Средняя годовая скорость ветра, измеренная флюгером и анеморумбометром.

Разница в показателях среднегодовой минимальной скорости колеблется от 0,7 до 1,1 м/с на севере, от 0,6 до 1,4 м/с в центре и от 0,5 до 1,1 м/с на юге. Максимальные значения варьируют в пределах 0,2 - 2,2 м/с на севере, в центре – 0 - 1,2 м/с, на юге – 0,2 - 1,6 м/с (рис. 2.3).

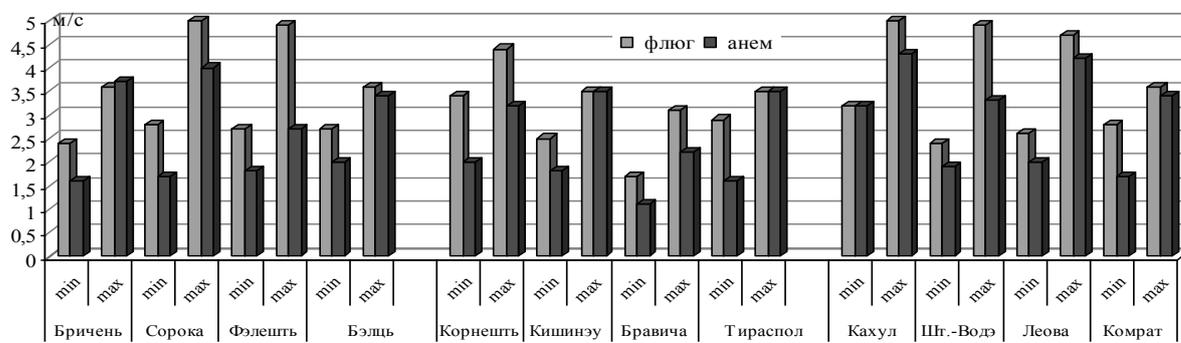


Рис. 2.3. Минимальная и максимальная скорости ветра, измеренные различными приборами.

По результатам исследования можно сделать вывод, что различия в данных скорости ветра, измеренных анеморумбометром и флюгером незначительны. Согласно литературным источникам [89, 131, 140, 142, 167], разность измерений возрастает при скоростях ветра 8 - 10 м/с и становится особенно ощутимой в диапазоне больших скоростей 20 - 30 м/с. В Республике Молдова повторяемость больших скоростей ветра не велика, поэтому с методической точки зрения, вопрос о приведении анемометрических наблюдений к показаниям флюгера был снят.

Данные метеостанций были приведены к однородным рядам в соответствии с климатологическими и статистическими требованиями. Отсутствующие данные за отдельные годы были восполнены расчетными средними многолетними значениями. Затем были вычислены годовые показатели скорости ветра. Таким образом, был создан электронный банк данных за период инструментальных измерений параметров ветра. Он представляет собой совокупность из 12 рядов средней месячной и 1 ряда средней годовой скорости ветра (как пример, рис. 2.4).

Год	С	Ю	В	С	З	О	Н	Я	Д	Ф	М	А	М	И	И	Среднее
1947	2,8	3,8	3,9	3,9	3,7	3,5	3,1	3,3	2,1	2,8	2,8	4	3,3*			
1948	3,8	5,3	4,9	4,3	3,6	3,4	3,9	3	2,4	2,9	3,9	2,8	3,8*			
1949	4,6	4,2	4,9	4,4	3,4	3,9	3,4	2,4	2	1,9	2,9	3,9	3,6*			
1950	2,7	3,1	4	3,1	3,9	4	2,7	1,9	2,4	4	3,7	3,8	3,3*			
1951	2,6	4,4	4,1	4	3,2	3,4	3,6	3,2	1,7	2,7	3,7	3,2	3,3*			
1952	3,6	4,4	4	2,6	3,5	4,4	2,6	3,5	3,6	3	4,6	2,8	3,6*			
1953	4	5,6	5,4	4,7	3,5	2,6	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	3,2	3,4*			
1954	3,4	3,4	2,6	3,8	3,3	3,4	3	2,6	2,6	2,2	3	2,5	3*			
1955	3,4	2,6	2,6	2,6	3,2	3	1,6	3,1	1,9	2	2,3	3	2,6*			
1956	2,7	2,9	3,8	3,4	3,2	2,4	2,8	2,2	2,1	2,7	2,7	3,8	2,8*			
1957	2,9	2,9	3,4	3,4	3,4	2,9	2,2	2,2	2,3	2	3,1	2,7	2,8*			
1958	4,4	3	3,6	3,2	2,9	2,9	2,8	3,2	1,9	2,1	2,7	2	2,8*			
1959	2,6	4,3	2,9	2,8	2	1,8	2,8	1,9	2,5	2,7	2,4	2,8	2,6*			
1960	2,3	2,7	3,3	2,8	2,8	2,9	1,8	3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6*			
1961	3,1	2,3	3,5	2,9	3	3,1	3,2	3,4	2	2,2	2,9	3,5	2,6*			
1962	2,7	3,8	3,6	2,9	2,8	3	2,8	2,1	2,7	2,1	2,6	3,4	2,8*			
1963	2,9	3,8	3,6	2,9	2,7	2	2,4	2,2	1,9	2,1	2,1	3	2,8*			
1964	3,3	3,2	3,1	3,4	3	3,1	2,6	2,3	2,6	2,4	2,1	2,6	2,7*			
1965	3,1	2,8	2,9	2,6	3,9	2,5	2,4	2,8	1,8	2,2	2,5	2,3	2,6*			
1966	3,5	2,3	2,8	2,4	2,8	2,2	1,9	2,5	1,8	1,6	1,8	2,4	2,3*			
1967	3	3,2	2,6	3,4	3,1	2	1,7	3,1	1,8	1,6	2,4	2,3	2,4*			
1968	3,2	2,4	2,7	2,9	2,3	2,4	2,3	2	2,4	1,6	2,8	2,2	2,4*			
1969	3,2	2,9	2,1	2,8	2,4	2	2,8	1,7	1,3	1,9	2	2,8	2,3*			
1970	2,4	2,4	2,4	2,6	2,2	1,6	1,7	2	2	2,5	2,6	2,4	2,3*			
1971	2,3	3,3	2,8	2,6	2	1,9	2,7	2	2,1	2,2	1,7	2,9	2,4*			
1972	2,8	2,7	3,5	2,8	2,2	2,2	1,9	3,1	1,5	2	2,8	2,5	2,3*			
1973	2,9	2,8	3,2	2,7	3	2,4	1,7	2,4	2,1	2,2	2,9	2,8	2,6*			
1974	2,3	2,9	2,5	3	2,6	2,6	2,3	2,4	2,1	1,8	2	2,3	2,6*			
1975	3,2	4,2	2,5	5,1	2,8	3,9	3,1	3,5	3,2	3,8	3,9	3,9	3,8*			
1976	4,5	3,7	3,5	4	3,5	3,7	3,1	2,9	3,3	3,7	2,9	3,4	3,6*			
1977	3,6	3,9	3,6	3,9	3,9	2,6	3,1	3,3	3,6	2,7	3,4	3,8	3,4*			
1978	3,3	3,9	3,1	3,9	4	3,1	3,3	2,8	3,4	2,9	2,9	3,2	3,3*			
1979	3,7	4	3,3	3,9	3,8	3,3	2,9	2,7	2,5	2,8	3,9	3,6	3,4*			
1980	3,6	3,1	3,6	3,1	3,2	3,1	2,8	2,7	2,8	3,1	3,2	3,4	3,1*			

Рис. 2.4. Электронный банк данных за 1947-2010 гг.

Созданный банк данных явился основой для разработки климатической информации о режиме ветра на территории республики.

Последующее изучение ветрового режима предполагало использование современных методов расчета, анализа, оценки параметров ветра и картографической интерпретации полученных результатов в соответствии с поставленными целями и задачами.

2.2. Методы исследования ветрового режима.

Методика исследований в представленной диссертации заключается в сочетании традиционных и современных методов - исторического, сравнительного, статистического. Основным инструментом для пространственной интерпретации данных является (ГИС) в сочетании с методами системного анализа.

Среди методов при исследовании климатических параметров выделяются статистические методы и математическое моделирование. Ветер, а следовательно и все его компоненты, можно рассматривать как случайные функции координат и времени, т.е. $X=X(x, y, z, t)$. Поэтому статистические характеристики элементов ветра целесообразно определять методами теории случайных функций, рассматривая закономерности изменения случайных величин (элементов ветра) в зависимости от неслучайного параметра (времени, расстояния по горизонтали или высоты). При анализе изменчивости поля ветра использовался метод корреляции [201, 131].

Величины скорости ветра, отмечаемые на метеостанциях, определяются не только условиями атмосферной циркуляции, но также в значительной мере степенью открытости местоположения станции и установки флюгера. Для оценки местоположения станции

применяются различные классификации, учитывающие влияние рельефа, облесенности и т.д. Российский ученый М.Е. Подтягин составил 10 и 12-бальные шкалы защищенности для характеристики степени открытости местности [198] и разработал универсальную формулу для расчета среднегодовой скорости в любом пункте исследуемой территории:

$$V = 0.571 i + 0.082 h - 0.935 \text{ м/с} \quad (2.1),$$

где: V -среднегодовая скорость ветра, i -класс открытости, h -высота флюгера над уровнем земли (в метрах).

В дальнейшем С.А. Сапожникова [238] дифференцировала в данной классификации факторы, определяющие деформацию воздушного потока. Она предложила принимать во внимание не только элементы рельефа, но и их формы: выпуклые, вогнутые, крутые или пологие. Затем В. Ю. Милевский [169, 170] усовершенствовал эту классификацию, и она стала основой для определения класса открытости станции с учетом преобладающих форм рельефа, оказывающих влияние на регистрацию флюгером ветрового потока. Научные труды М. Е. Подтягина, С. А. Сапожниковой, В. Ю. Милевского показали, что скорость ветра в первую очередь обуславливается степенью открытости местоположения станции.

Для использования в практических целях данных о ветре с учетом условий рельефа и степени защищенности места, а также для построения карт применялась методика районирования территории по скоростям ветра, изложенная в следующих фундаментальных климатологических работах [67, 68, 93, 214, 225, 246, 262, 265].

Для расчета экстремальных величин – минимальных и максимальных значений скорости ветра, данные наблюдений аппроксимировались несколькими функциями распределения: гауссово (нормальное) и логарифмически нормальное, гамма-распределение, распределение Гумбеля и Вейбулла [90]. В подавляющем большинстве случаев наиболее близким к результатам наблюдений оказалось трехпараметрическое распределение Вейбулла, параметры которого a , B , C определялись методом моментов:

$$F(x) = 1 - \exp [-(x-a):B)^C] \quad (2.2).$$

Значения экстремальных величин, которые могут быть достигнуты или превышены в среднем один раз в течение N лет, рассчитывались как обратные функции распределения:

$$x = A+B (- \ln Q)^{1/C} \quad (2.3),$$

где вероятность превышения величины x принимается равной $1/N$. Таким методом определялись значения максимальных величин, повторяющихся один раз в 2 года, 10, 20 и 100 лет.

Для расчета вероятности климатических характеристик, имеющих дискретную природу, использовалось предположение, что эти характеристики распределены по биномиальному закону [136]. Вероятность проявления n явления в течение периода N вычислялось по следующей рекуррентной формуле:

$$P(N, n) = P(N, N-1) (N-n+1) / n (1-p) \quad (2.4).$$

Начальное значение для $n = 0$ (т.е. вероятность того, что в течение N явление наблюдаться не будет) равно $P(N,0) = (1-p)^N$, где P – вероятность наступления явления, полученная как отношение среднего числа дней с явлением к общему числу дней в периоде.

Интегральная функция вероятностей (накопленные частоты) рассчитывалась последовательным суммированием вероятностей

$$F(n) = \sum_{i=0}^n P_i \times (N, n) \quad (2.5)$$

В тех случаях, когда вероятность была мала (меньше 0,1), проявление явлений рассчитывалось по формуле Пуассона:

$$P(N, n) = (Np)^n / n! \exp [- (Np)] \quad (2.6)$$

Для представления микроклиматических особенностей режима ветра в пересеченном рельефе на территории Республики Молдова использовалась методика, разработанная в Главной Геофизической обсерватории (ГГО, 2008). Основана данная методика на результатах микро - и мезоклиматических исследований, а так же на разработках по учету изменения климатических характеристик в зависимости от высоты местности и форм рельефа, применительно к особенностям исследуемой территории [229].

Границу между микроклиматом и мезоклиматом можно определить, исходя из масштабов неоднородностей подстилающей поверхности, включая городскую застройку. Мезоклимат можно характеризовать горизонтальным масштабом до 100 км и вертикальным – до 1000 м, а микроклимат соответственно горизонтальным – до 10 км и вертикальным – до 100–200 м [264]. Количественная оценка микроклиматической изменчивости ветра определялась в соответствии с методами, изложенными в следующих работах [102, 163, 217, 219].

Особое внимание в исследовательском процессе уделялось специализированным характеристикам режима опасных явлений погоды, связанных с ветром, учету их региональных особенностей и создаваемых ими рисков [86, 118, 129, 149]. Для наглядного представления о степени вероятности возникновения и опасности проявления экстремальных природных процессов (сильных ветров, шквалов, ураганов) на территории Республики Молдова были созданы карты по специальным географическим методам

многоуровневого районирования на основе современных геоинформационных технологий.

Климатологические аспекты ветроэнергетики составили целый раздел прикладной метеорологии и климатологии, охватывающие широкий круг задач. В работе учитывались методические разработки по уточнению особенностей пространственного и вертикального распределения ветроэнергетических ресурсов на региональном уровне. Для характеристики ветровой энергии, наряду с показаниями средней многолетней скорости ветра, проведены расчеты средних статистических показателей: среднеквадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации (C_v), которые позволяют объективно оценить изменение ветрового режима на исследуемой территории. Значение σ для каждой метеостанции определялось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (V_z - V_{cp})^2}{n - 1}} \quad (2.7),$$

где n - число лет наблюдений.

Коэффициент вариации C_v равен соотношению среднеквадратического отклонения σ к среднегодовому показателю скорости ветра за весь период

$$C_v = \sigma / V_{cp}. \quad (2.8).$$

Распределение среднеквадратического отклонения σ позволяет дать оценку общей изменчивости средней скорости ветра, а коэффициент вариации C_v проследить ее относительную изменчивость.

Для определения дифференциальной повторяемости скоростей ветра по градациям использовалось распределение Вейбулла $f(V)$:

$$f_{(V)} = k / A \times (v / A)^{k-1} \times \exp(-(v / A)^k) \quad (2.9),$$

где k – параметр формы распределения скорости ветра; A – параметр масштаба; v – средняя скорость ветра.

Расчет параметров скорости ветра на различных высотах производился по формуле:

$$V_2 = V_1 * [\ln(h_2 / z_0)] / [\ln(h_1 / z_0)] \quad (2.10),$$

где V_2 - скорость ветра на определяемой высоте, V_1 - скорость ветра на высоте ветроизмерительного прибора, h_2 – определяемая высота, h_1 - высота ветроизмерительного прибора, z_0 - коэффициент шероховатости подстилающей поверхности для рассматриваемой местности.

Данная формула является принятым международным стандартом для расчета профиля ветра при определении ветровых ресурсов. Методика, разработанная в Дании лабораторией «Рисо» (Wind Atlas Analysis and Application Program - WAsP, Risø, National laboratory for Sustainable Energy Technical University of Denmark), предусматривает численное моделирование ветрового потока в пограничном атмосферном слое с учетом меняющихся параметров подстилающей поверхности, эффектов затенения от зданий и других препятствий, а также влияния рельефа вокруг используемой метеостанции. Она была апробирована в начале 90-х годов двадцатого столетия при подготовке атласа ветров Западной Европы (European Wind Atlas, 1989) и в дальнейшем использовалась при разработке атласов ветров более чем в 110 странах Мира, в том числе и Глобального Атласа Возобновляемой Энергии (Global Atlas for Renewable Energy. IRENA, 2014).

Элемент шероховатости характеризуется высотой h и поперечным сечением S . Для элементов шероховатости, распределенных более или менее равномерно по площади, вводится дополнительный параметр - площадь A_h , приходящаяся на один элемент. Тогда Z_0 описывается следующим соотношением:

$$Z_0 = 0,5 \times (h \times S / A_h) \quad (2.11).$$

Это соотношение справедливо при $A_h \ll S$. При сравнимых величинах A_h и S соотношение дает завышенные значения Z_0 вследствие того, что воздушный поток как бы приподнимается над близлежащими элементами шероховатости [254]. Ниже уровня шероховатости среднее поступательное движение потока воздуха отсутствует, так как он подвергается воздействию сил давления, возникающих около элементов шероховатости. Над слоем шероховатости могут присутствовать слои “проницаемой шероховатости” различной высоты h_t , которые содержат случайно или закономерно распределённые препятствия, оказывающие сопротивление потоку воздуха. К слоям проницаемой шероховатости в основном относят различные растительные сообщества (фитоценоз) или их совокупность – растительный покров (РП), а также слои техногенного происхождения. Увеличение плотности препятствий приводит к заметному уменьшению средней скорости ветра по сравнению со слоями, не содержащими препятствий [32, 38, 62]. Вертикальный профиль скорости ветра в растительном покрове подчиняется экспоненциальному распределению. В растительном покрове, при условии $r < Z > h_{rp}$, скорость ветра определяется отношением:

$$\frac{\bar{u}\{z \leq h_{pn}\}}{\bar{u}\{z \geq h_{pn}\}} = \frac{\ln(z/r)}{\ln(\bar{h}_{pn}/r)} * \Phi_u \quad (2.12),$$

где Z -высота от поверхности почвы, h_{pn} – высота растительности, \bar{h}_{pn} - средняя высота растительности, Φ_u – экспоненциальная функция, зависящая от плотности и глубины слоя растительного покрова. С помощью Φ_u можно оценить потери энергии ветра за счет торможения:

$$\Phi_u = \exp\left[-\frac{\bar{S}(h_{pn} - Z)}{h_{pn}}\right] = \exp\left[-S'(\bar{h}_{pn} - Z)\right] \quad (2.13),$$

где \bar{S} - плотность растительного покрова, S' - плотность растительной массы [251].

Согласно литературным источникам [126, 191], шероховатость Z_0 зависит от площади поверхности с растительным покровом. Когда растительный покров отсутствует, профиль ветра определяется только шероховатостью $Z_0 = 0,02$ см. В слое растительности скорость ветра быстро затухает. Например, если на поверхности имеется травяной покров, то в зависимости от его высоты и плотности, уровень шероховатости будет находиться в пределах $0,5 \text{ см} \leq Z_{0pn} \leq 9 \text{ см}$. А в лиственных лесах высотой 10-15 м шероховатость варьирует от 100 до 200 см [74]. Над верхней границей растительного покрова, где отсутствуют какие-либо препятствия, функция $\Phi_u(S', \bar{h}_{pn}, Z) = 1$ и $Z > h_{pn}$, вертикальное распределение скорости ветра подчиняется к логарифмическому распределению [253]:

$$\frac{\bar{u}}{u} \begin{cases} \{z \leq h_{pn}\} \\ \{z \geq h_{pn}\} \end{cases} = \frac{\ln(z/r)}{\ln(\bar{h}_{pn}/r)} \quad (2.14).$$

На рис. 2.5 показаны типичные профили ветра в слоях проницаемой шероховатости (растительный покров, городская застройка). Различные природные и искусственные препятствия, такие как холмы, высокая древесная растительность, здания и др. относятся к затеняющим препятствиям, которые не только замедляют скорость ветра, но и создают турбулентные потоки, затрудняющие преобразование энергии ветра.

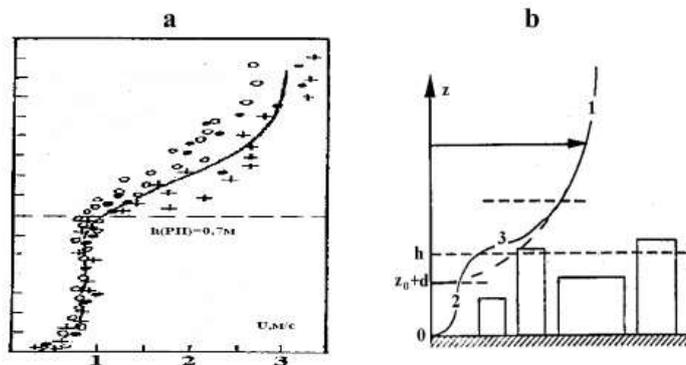


Рис. 2.5. Профили скорости ветра:

а) в посеве кукурузы высотой 0,7 м [27]; б) в городской застройке [31]

Кинетическая энергия ветра E рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{mV^2}{2} \quad (2.15),$$

где m - масса воздуха, проходящая за 1 секунду через поперечное сечение A (1 м^2), которая вычисляется согласно следующей формуле:

$$m = \rho \times A \times V \quad (2.16).$$

На современном этапе развития науки исследование потенциальных ветроэнергетических ресурсов не возможно без модельных оценок. Компьютерное моделирование нашло широкое применение в исследовательской области.

Достоверность полученных результатов в представленной диссертации обеспечена благодаря использованию в качестве источника первичных данных Государственной Гидрометеорологической Службы и применению современных математико-статистических методов обработки и анализа информации. База данных была создана в электронном виде с использованием электронных таблиц Microsoft Excel 5.0/7.0. Все необходимые вычисления проводились с помощью программы STATGRAPHICS PLUS. Построение карт осуществлялось различными методами интерполирования с использованием пакетов прикладных программ, таких как Surfer, MapInfo.

2.3. Метод роз ветров в оценке зависимости скорости ветра от направления.

Согласно поставленной задаче получить конкретный статистический материал, описывающий режим ветра в современный климатический период, в представленной работе было проведено исследование закономерности распределения скорости с учетом направления ветра.

Для того, чтобы подчеркнуть зависимость ветровых показателей от ландшафтных условий, были выбраны 7 репрезентативных метеостанций, расположенных в северной, центральной и южной частях Республики Молдова. Для определения изменчивости выбранного параметра на протяжении XX-го века, были сформированы однородные ряды за 2 периода: 1950-1965 гг. и 1980-2000 гг. Это было обусловлено тем, что в пределах периода до 1965 г. имелось значительное количество данных, вычисленных из рядов наблюдений различной длительности, опубликованных в справочниках [247, с. 56-64]. Дальнейшее исследование рассматриваемых элементов за период с 1966 по 2000 гг. потребовало создание электронной базы данных. На ее основе были рассчитаны среднемесячные и среднегодовые показатели изменчивости скорости ветра в зависимости от направления. Статистические характеристики, полученные в результате обработки моделированных рядов, соответствующие сезонам года, представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5. Временная изменчивость скорости ветра (м/с) по направлениям
за периоды: I период - 1950-1965 гг.; II период - 1980-2000 гг.

Бричень																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	4,3	3,1	3,3	1,9	4,2	2,4	4,5	2,2	3,3	1,7	3,1	2,1	4,5	3,3	5,4	3,9
Апрель	3,5	3,4	3,3	2,2	3	2,5	4,3	3,1	3,8	2,6	3,6	2,7	4,3	2,8	5,4	4,1
Июль	3,1	2,4	2,7	1,9	2,9	2,1	3,1	2,3	2,8	2	2,7	2	4,1	2,9	3,8	3,3
Октябрь	3,5	2,3	3,1	1,6	2,9	2	3,9	2,6	3,3	2	2,9	2,3	4,3	2,9	4,9	3,2
Корнешть																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	3,7	2,2	3,6	2,6	4,2	3,3	5,1	3,2	4,6	2,3	2,8	1,8	2,8	2,5	4,6	2,9
Апрель	4,1	2,5	4,9	2,7	3,9	3,4	5,2	4,3	5,1	3	2,8	2,2	3,7	3,3	6	3,1
Июль	3,2	2	2,7	2	3,2	2,6	3,6	2,8	3,6	2,4	2,7	1,9	3,4	2,4	4	2,2
Октябрь	3,5	2,3	3,3	2,3	4	3,2	4,7	3,5	4,4	2,7	2,7	1,7	3,7	2,3	4,3	2,5
Кишинэу																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	4,8	3,2	3,8	3,1	3,9	2,5	3,2	2,3	3,6	2,5	3,8	3	3,6	2,9	4,9	3
Апрель	4,2	2,9	3,8	3,4	3,7	2,7	3,7	3,3	4,3	2,9	3,6	2,7	3,6	2,7	4,6	3
Июль	4,1	2,5	2,9	2,3	2,6	1,9	2,8	2	2,9	2,2	3,5	2,3	3,1	2,6	3,9	2,7
Октябрь	3,7	2,6	2,9	2,3	3,2	2,1	3,1	2,8	3,3	2,4	3,1	2,4	3,5	2,2	4,1	2,7
Комрат																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	4,4	3,4	3,8	2,4	2,9	2	2,8	2,3	3	2,8	3,2	2,5	2,7	2,8	4,8	3,9
Апрель	4,1	3,5	3,4	3	3	2,8	3	3,7	3,3	3,6	3,5	3,9	2,3	3,2	5	4,3
Июль	3,2	3,2	2,5	2,3	2,1	2,1	2,2	3	2,5	3	2,1	2,2	2,3	2,8	3,7	3,9
Октябрь	2,7	3,2	2,3	2,5	2,7	2,6	2,8	3	2,4	3	2,4	2,7	2,7	2,3	3,5	4
Сорока																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	5	2,3	4,4	1,8	4,8	2,6	4,8	3,2	4,5	3,1	4,4	3,4	5,2	4,6	6,5	5
Апрель	5,1	2,8	4,2	3,3	4,9	3,4	5,6	4,2	6	3,8	4,7	3,9	4,4	4,1	6,2	4,6
Июль	4,6	2,8	3,3	2,3	3,4	2,5	3,3	2,8	4	2,9	3,4	2,4	4,1	3,6	5	4
Октябрь	3,8	2,6	3	2,1	4	2,7	4,2	3,4	4	3,4	3,9	2,8	5	3,8	5,3	4
Бэлць																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	4	3,6	4,3	3,3	3,4	3,3	3,5	3,4	2,3	3,2	1,8	3	1,9	2,9	3,5	4
Апрель	4	4,8	4,1	4	3,5	3,9	4	5,1	4,3	4,8	2,7	3,3	2,3	4	4,3	4,9
Июль	2,7	4,3	2,7	3,6	1,9	3,2	2,9	3,8	2,6	4	2,5	3,3	2,5	3,4	3,4	4,2
Октябрь	2,3	4,2	1,7	3,5	2,6	3,6	3	4,3	2,7	3,9	3,6	2,9	2,1	3	2,9	4,1
Олэнешть																
Месяц	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Январь	4,6	3,7*	4,5	3,3*	3,9	3*	3,2	2,6*	5,9	2,8*	6,1	2,3*	5,2	2,3*	5,4	3,3*
Апрель	4,1	3,5	4,1	3,4	4,4	3,3	4,1	3,9	6	3,3	5,7	3	4,5	2,9	4,3	3,7
Июль	3,6	3	2,7	2,3	2,9	2,4	3,3	2,8	4,2	2,6	3,8	1,7	3,6	2,1	3,9	3
Октябрь	3,5	3,2	3,7	2,5	3,5	2,8	3,8	2,6	4,5	3	4,5	1,7	4	2,6	4,1	3,7

Примечание: * - данные по метеостанции Штефан-Водэ за 1980-2000 гг.

Закономерности, определяющие особенности изменения скорости и направления ветра определялись с помощью традиционного способа построения роз ветров. Для наглядного представления о направлении и соответствующей скорости ветра на выбранных станциях были построены 8-ми румбовые розы ветров для характерных месяцев года (январь, апрель, июль, октябрь). В качестве примера приводится рис. 2.6.

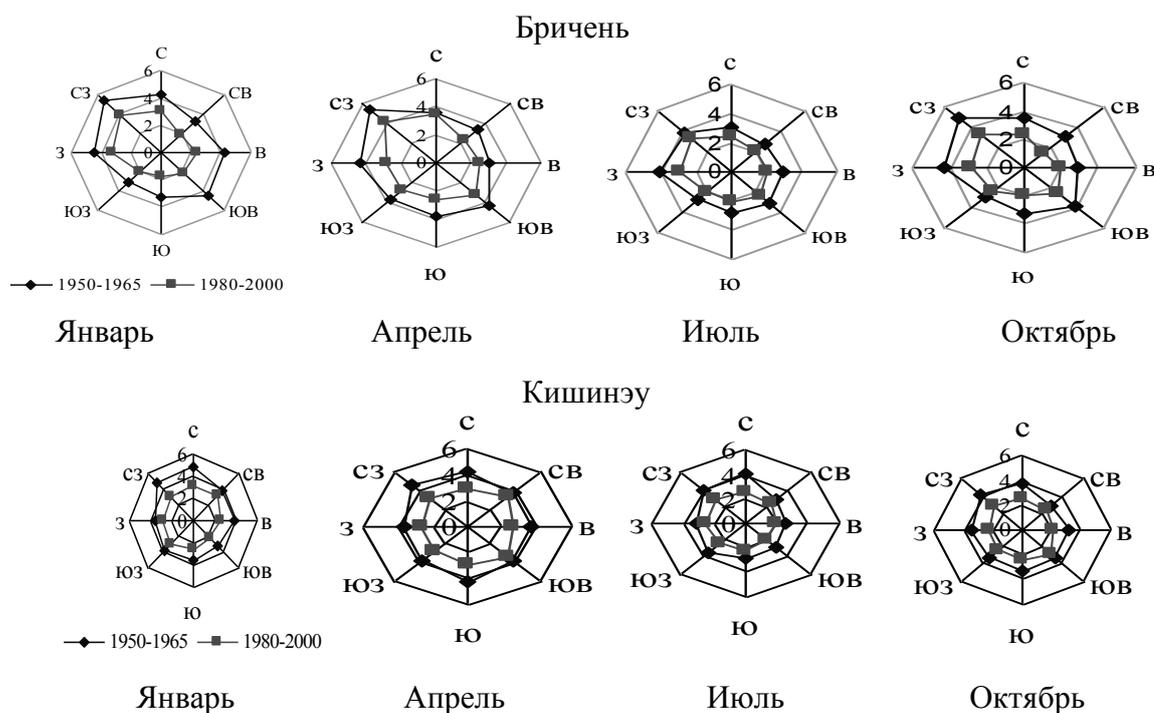


Рис. 2.6. Розы ветров на метеостанциях Бричень и Кишинэу за период 1950-2000 гг.

Детальная обработка метеорологических данных позволила выявить определенные закономерности в распределении ветров по румбам на протяжении XX века: в первой половине исследуемого периода колебания скорости ветра в зависимости от направления составляли от 2,7 м/с (СВ) до 5,4 м/с (СЗ), во второй половине - от 1,6 м/с (СВ) до 5,1 м/с (ЮВ).

В первом периоде скорость ветра достигала максимальных значений в январе (4,9 - 6,5 м/с) и в апреле (4,3 - 6,2 м/с) при северо-западном направлении воздушных масс. Минимум скорости ветра наблюдался на юге и в центре Молдовы (2,1 - 2,7 м/с) в июле при восточном и юго-восточном румбе, на севере (2,7 м/с) - при северо-восточных, южных и юго-западных потоках. Во второй половине XX века очевидна тенденция уменьшения скорости ветра: максимальные скорости 5,0 - 5,1 м/с отмечены в апреле при северо-западном и юго-восточном ветре, минимальные - в октябре 1,6 - 1,7 м/с при северо-восточном и юго-западном направлениях ветра (рис. 2.7).

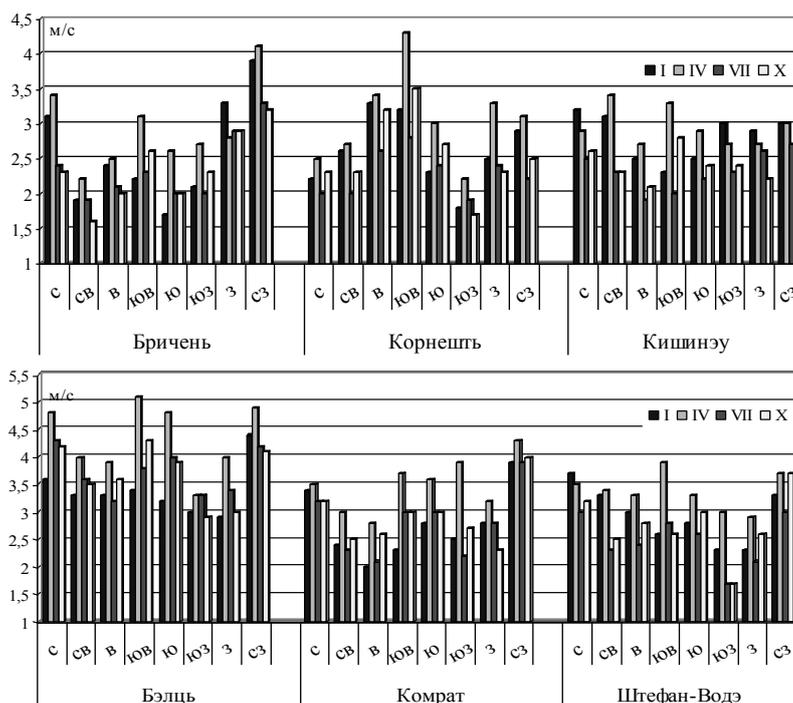


Рис. 2.7. Изменчивость скорости ветра по направлениям за 1980-2000 гг.

Для наглядного представления о характере распределения скорости ветра в зависимости от направления была построена совмещенная роза скоростей и господствующих ветров для характерных времен года (рис. 2.8).

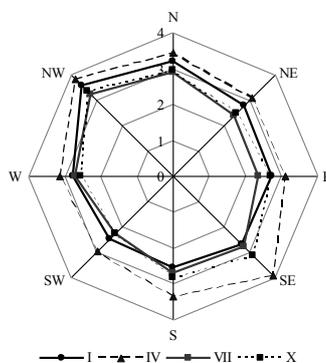


Рис. 2.8. Совмещенная роза скорости и направления ветра за 1980-2000 гг.

Анализ совместных роз ветра показал, что наибольшую повторяемость по 8-ми румбовым направлениям в течение года имеют северо-западные и юго-восточные ветры. В январе и апреле скорость при северо-западном направлении составляет от 3,6 до 3,9 м/с, при юго-восточном 2,7– 3,9 м/с, причем в январе отмечена частая повторяемость северных ветров со скоростью 3,2 м/с, а в апреле – южных со скоростью 3,4 м/с. В июле и октябре скорость преобладающих северо-западных и юго-восточных ветров уменьшается до 3,1 – 3,4 м/с.

В результате проведенных исследований было установлено, что ветровой режим в Республике Молдова характеризуется преобладанием двух противоположных направлений ветра – северо-западного и юго-восточного, к которым относятся и наибольшие скорости ветра. Повторяемость ветра определенного направления соответствует характеру подстилающей поверхности. В северных и центральных областях Молдовы, где речные долины ориентированы с северо-запада на юго-восток, соответственно преобладают ветры северо-западного и юго-восточного направления. На юге речные долины направлены с севера на юг, там увеличивается повторяемость северных и южных ветров.

2.4. Методика оценки микроклиматической изменчивости режима ветра на примере конкретного участка местности.

Изучение особенностей ветрового режима на территории Республики Молдова с сильно расчлененным рельефом является важным и актуальным, поскольку из общей, сравнительно небольшой площади республики склоны составляют 2/3 ее территории. Разнообразие форм в холмистом рельефе (долина, замкнутая котловина, возвышение среди равнины и т.д.) приводит к трансформации ветровых параметров даже на близких расстояниях, поэтому при микроклиматической оценке территории важно учитывать положительные и отрицательные формы рельефа, ориентировку склонов по отношению к направлению ветра и непосредственно части склона [162].

В представленной диссертационной работе автором впервые для условий Республики Молдова адаптированы: методика оценки микроклиматической изменчивости режима ветра в зависимости от рельефа и методика построения морфометрических карт, разработанные Романовой Е. Н. [214, 217, 220].

Объектом исследования изменчивости режима ветра в конкретной местности был выбран опытный участок Научно-исследовательского Института Плодоводства (полигон «Кодры»), расположенный на юго-востоке от метеостанции Кишинэу (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Опытный участок (полигон «Кодры»). Источник <http://mind.md/map>.

Рельеф полигона характеризуется большим разнообразием: ровные места, речные долины и балки, вершины и склоны холмов различной ориентации и крутизны. Относительные превышения местности составляют от 55 м до 190 м (рис. 2.10)



Рис. 2.10. Рельеф полигона «Кодру». Источник <http://mind.md/map>.

В качестве источников для изучения, оценки и картирования ветровых характеристик были использованы: топографическая карта масштаба 1:25 000, данные метеостанции Кишинэу за период 1960-2000 гг.

Алгоритм решения задачи включал морфометрический анализ местности исследуемого района, для чего были построены следующие картографические цифровые модели:

- 1) Векторная модель элементов рельефа. На гипсометрической карте-основе выделены поймы рек, днища балок, склоны и водоразделы, т.е. зафиксированы понижения и повышения рельефа.
- 2) Карта углов наклона местности. Выделены: субгоризонтальные поверхности (ровные места), к которым отнесены поймы и днища балок, плоские водоразделы крутизной $0 - 2^{\circ}$. Выделены также наклонные поверхности, подразделенные на склоны крутизной $2 - 4^{\circ}$, $4 - 10^{\circ}$, $10 - 20^{\circ}$.
- 3) Карта экспозиций склонов по 8-ми румбам.
- 4) Выделены части склонов – верхняя, средняя, нижняя.

Далее, на основании методики учета влияния форм рельефа на ветровой режим, были рассчитаны коэффициенты изменения скорости ветра (k) на высоте 2 м в различных формах рельефа по сравнению с открытым ровным местом и скорость ветра в зависимости от частей склона (таблица 2.6).

Таблица 2.6. Зависимость скорости ветра от элементов рельефа на территории
опытного участка (полигон «Кодры»)

Формы рельефа	Коэффициенты (к)	Скорость ветра (м/с)
Субгоризонтальная поверхность (уклон 0-2 ⁰ , абсолютная высота более 170 м)	1,50	4,5
Вершины, верхние части наветренных, подветренных и параллельных склонов (уклон 1-4 ⁰)	1,40	4,2
<i>Склоны уклон 4 – 10⁰</i>		
Наветренные		
Верхняя часть	1,40	4,2
Средняя часть	1,00	3,0
Нижняя часть	0,90	2,7
Подветренные		
Верхняя часть	0,85	2,6
Средняя часть	0,90	2,7
Нижняя часть	0,80	2,4
Параллельные		
Верхняя часть	1,30	3,9
Средняя часть	1,00	3,0
Нижняя часть	0,90	2,7
<i>Склоны уклон 10 – 20⁰</i>		
Наветренные		
Верхняя часть	1,55	4,7
Средняя часть	1,38	4,1
Нижняя часть	0,95	2,9
Подветренные		
Верхняя часть	0,85	2,6
Средняя часть	0,75	2,3
Нижняя часть	0,70	2,1
Параллельные		
Верхняя часть	1,55	4,7
Средняя часть	1,38	4,1
Нижняя часть	0,95	2,9
Дно продуваемых долин (балки, поймы рек)	1,28	3,8
Дно непродуваемых долин	0,65	1,9

Дальнейшей задачей было совмещение векторных моделей с цифровой моделью рельефа и разработка алгоритма для создания модели скорости ветра. Затем методом суперпозиции вышеперечисленные модели были преобразованы в карту изменчивости скорости ветра (Рис. 2.11).

Графическая интерпретация результатов показала, что на территории опытного участка «Кодры» скорость ветра меняется от 1,90 до 4,60 м/с.

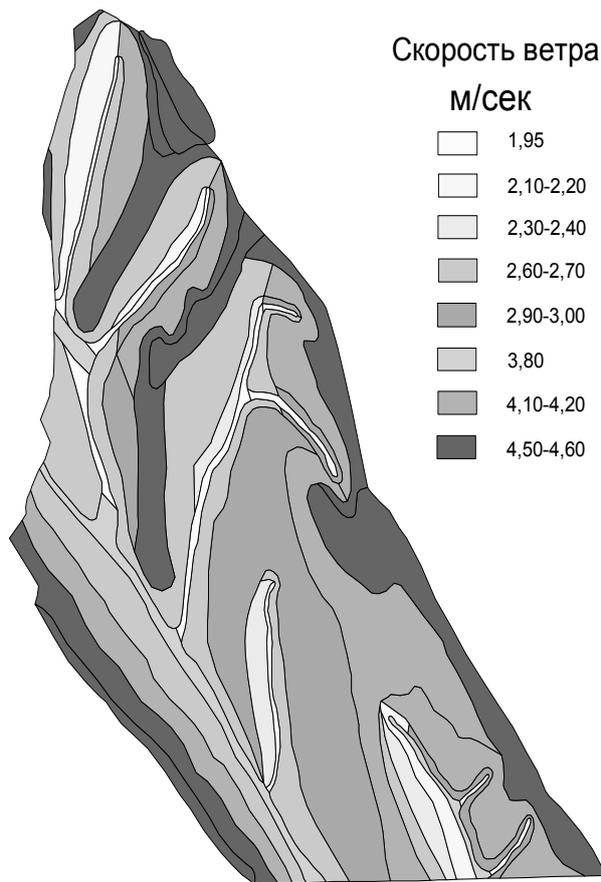


Рис. 2.11. Изменение скорости ветра в рельефе на территории опытного участка Научно-исследовательского Института Плодоводства (полигон «Кодры»).

При помощи полученной карты выделены зоны: ослабления, усиления и нормальных скоростей ветра. Субгоризонтальная поверхность с уклоном менее 2° (открытое ровное место) не искажает скорость ветра, поэтому для данных участков в качестве норматива принята скорость ветра $V = 3$ м/с.

Нормальная скорость ветра ($k = 0,9 - 1,0$; $V = 2,7 - 3,0$ м/с) отмечается в нижней части наветренных и параллельных склонах крутизной $1 - 4^{\circ}$ и $10 - 20^{\circ}$, а также в средней части наветренных, подветренных и параллельных склонов крутизной $1 - 4^{\circ}$. Ослабление скорости ветра ($k = 0,6 - 0,85$; $V = 1,9 - 2,6$ м/с) происходит в замкнутых непродуваемых долинах и балках, в верхней и нижней части подветренных склонов крутизной $1 - 4^{\circ}$, а также по всей длине подветренных склонов крутизной $10 - 20^{\circ}$. Ветер усиливается до $3,1 - 4,1$ м/с ($k = 1,1 - 1,4$) на дне продуваемых долин с уклоном $0 - 2^{\circ}$, в средней части наветренных и параллельных склонов крутизной $10 - 20^{\circ}$. Значительное усиление ветра ($k = 1,4 - 1,6$; $V = 4,2 - 4,7$ м/с) замечено на водоразделах с высотами ≥ 150 м и уклоном $0 - 2^{\circ}$, на вершинах и в верхней части наветренных, подветренных и параллельных склонах $1 - 4^{\circ}$, в верхней части наветренных и параллельных склонов крутизной $4 - 10^{\circ}$ и $10 - 20^{\circ}$.

В результате обработки исходной информации выделены территории с характерными скоростями ветра, которые представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Распределение скорости ветра на территории опытного участка «Кодры» в зависимости от морфометрических показателей рельефа

Уклон (градусы)	Части склона: В-верх, С-середина, Н-низ	Экспозиция, склоны по отношению к основному (СЗ) направлению ветра	Скорость ветра (м/с)
0-2 ⁰	Дно непродуваемых долин		1,9
10-20 ⁰	Н,С	Ю, В, ЮВ подветренные	2,1-2,2
4-10 ⁰	Н, В	Ю, ЮВ подветренные	2,4-2,6
10-20 ⁰	В	Ю, ЮВ подветренные	2,6
1-4 ⁰	Н, С, В,	Ю, В, ЮВ подветренные	2,7
1-4 ⁰	Н, С, В,	ЮЗ параллельные	2,7
4-10 ⁰	Н, С	ЮЗ,СВ параллельные	2,7
10-20 ⁰	Н	ЮЗ параллельные	2,9
4-10 ⁰	С	З наветренные, ЮЗ параллельные	3,0
10-20 ⁰	С	ЮЗ параллельные	3,5
0-2 ⁰	Дно продуваемых долин		3,8
10-20 ⁰	С	С, СЗ, З наветренные, ЮЗ, СВ параллельные	4,1
4-10 ⁰	В	С, СЗ, З наветренные, ЮЗ параллельные	4,2
10-20 ⁰	В	ЮЗ параллельные	4,4
1-4 ⁰	В	Ю, ЮВ подветренные, ЮЗ параллельные	4,5
0-2 ⁰	Плоские водоразделы с высотами от 150 м и выше		4,6

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в определенных формах рельефа на близких расстояниях скорость ветра может меняться в 2,4 раза. Разработанные методы пространственной интерполяции скорости ветра позволяют с достаточной для практики точностью оценить изменения ветрового режима на исследуемой территории. С сельскохозяйственной точки зрения наиболее благоприятными территориями являются подветренные склоны 4 - 10⁰ и 10 - 20⁰, нижние

и средние части параллельных ветру склонов крутизной 1 - 4⁰, а также замкнутые непродуваемые долины [176].

Совокупность научных и практических разработок, выполненных в диссертации, позволяют проводить оценку изменчивости скорости ветра в зависимости от основных форм рельефа в пределах ограниченных территорий (отдельного хозяйства), что представляется необходимым для организации структуры агропромышленных предприятий в разных частях страны. Наряду с другими климатическими характеристиками, данная информация может использоваться для оптимального размещения сельскохозяйственных культур и их защиты от неблагоприятных метеорологических явлений и вредителей в вегетационный период, более рационально определять сроки опрыскивания химикатами, которые в значительной степени зависят от скорости и направления ветра, а так же гораздо эффективнее осуществлять ветрозащитные мероприятия.

2.5. Выводы ко второй главе.

1. Полученный опыт из анализа литературы и методологии научных исследований, включающих поэтапное решение поставленных задач во всестороннем изучении ветрового режима, помог автору разработать алгоритм действий, выбрать методы и формулы для расчета его характеристик.
2. На основе первичных измерений параметров ветра на сети метеостанций Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова создан электронный банк данных за весь период инструментальных наблюдений, который вошел в компьютеризированную Базу показателей климата республики, разработанную в лаборатории Климатологии и природных рисков Института Экологии и Географии.
3. Полученные автором данные являются достаточными и репрезентативными. Примененные методы статистической обработки и анализа данных соответствуют современным принципам исследования в климатологии и позволяют с большой достоверностью и надежностью осуществить комплексную оценку пространственно-временных закономерностей режима ветра.
4. Метод роз ветров позволил установить, что ветровой режим на территории Республики Молдова определяется преобладанием двух противоположных направлений ветра северо-западного и юго-восточного.
5. Выявлены закономерности в годовом распределении скорости ветра по румбам: наивысшие показатели 3,6 - 3,9 м/с наблюдаются зимой и весной при северо-западном и 2,7 - 3,9 м/с - при юго-восточном направлениях. В январе отмечена частая повторяемость

северных ветров (3,2 м/с), а в апреле - южных (3,4 м/с). Летом и осенью скорость преобладающих северо-западных и юго-восточных ветров уменьшается до 3,1 - 3,4 м/с.

6. Установлено уменьшение скорости ветра: в первой половине XX века скорость ветра достигала максимальных значений в январе (4,9 - 6,5 м/с) и в апреле (4,3 - 6,2 м/с) при северо-западном направлении воздушных масс. Во второй половине века максимальные скорости 5,0 - 5,1 м/с отмечены в апреле при северо-западном и юго-восточном ветре.

7. Повторяемость ветра определенного направления соответствует характеру подстилающей поверхности. В северных и центральных областях Молдовы, где речные долины ориентированы с северо-запада на юго-восток, соответственно преобладают ветры северо-западного и юго-восточного направления. На юге речные долины направлены с севера на юг, там увеличивается повторяемость северных и южных ветров.

8. Оценка микроклиматической изменчивости режима ветра, проведенная на примере опытного участка Научно-исследовательского Института Плодоводства (полигон «Кодры»), позволила сделать вывод о том, что в определенных формах подстилающей поверхности на близких расстояниях скорость ветра может меняться в 2,4 раза.

9. Картографическая модель скорости ветра, созданная для конкретного участка со сложной орографией, позволила определить параметры изменчивости и выделить зоны усиления, ослабления и нормальных скоростей ветра. Выявлено, что нормальная скорость ветра 2,7 - 3,0 м/с отмечается на вершинах холмов, на подветренных и параллельных к основному северо-западному направлению ветра склонах крутизной $1 - 4^{\circ}$, на наветренных и параллельных склонах $4 - 10^{\circ}$ и на параллельных склонах крутизной $10 - 20^{\circ}$. Ослабление скоростей ветра до 1,9 - 2,6 м/с имеет место в замкнутых непродуваемых долинах и балках, в верхней и нижней части подветренных склонов крутизной $1 - 4^{\circ}$, а также по всей длине подветренных склонов крутизной $10 - 20^{\circ}$. Ветер усиливается до 3,1 - 4,1 м/с на дне продуваемых долин с уклоном $0 - 2^{\circ}$, в средней части наветренных и параллельных склонов крутизной $10 - 20^{\circ}$. Значительное усиление ветра до 4,2 - 4,7 м/с отмечено на водоразделах с высотами ≥ 150 м и уклоном $0 - 2^{\circ}$, на вершинах и в верхней части наветренных, подветренных и параллельных склонах $1 - 4^{\circ}$, в верхней части наветренных и параллельных склонов крутизной $4 - 10^{\circ}$ и $10 - 20^{\circ}$.

Решенная научная проблема в данной главе состоит в том, что на основе примененных методов исследования был получен конкретный материал о распределении скорости в зависимости от направления ветра и адаптирован метод оценки изменчивости ветрового режима под влиянием микроклимата для территории Республики Молдова.

3. РЕЖИМ СИЛЬНЫХ ВЕТРОВ

3.1. Исследование статистических закономерностей неблагоприятных явлений погоды, связанных с режимом сильных ветров

В результате анализа, проведенного экспертами Комиссии ООН по устойчивому развитию было установлено, что ветры разрушительной силы относятся к наиболее распространенным опасным природным явлениям (ОЯ), которые наравне с землетрясениями, наводнениями и засухами наносят значительный экономический ущерб во многих сферах нашей жизнедеятельности. Спектр их негативного воздействия на отрасли экономики обширен - это динамические нагрузки на сооружения, осложнение работы транспортных средств, пагубное влияние на сельское хозяйство, отрицательный биоклиматический фактор. Согласно мнению многих авторов, в мире за последние 20 лет повторяемость опасных метеорологических явлений значительно увеличилась на фоне уменьшения средней скорости ветра (Корнфорд, 1999; Annual review: Natural Catastrophes, 2002; ВМО, 2002; Бедрицкий и др., 2004; Швень, 2006; Constantinov, Nedelcov, 2007, 2008; ЕАА, 2010). Именно этот фактор, а не изменение средних значений климатических параметров следует считать наиболее серьезным отражением происходящих изменений климата.

За период с 1980 по 2005 гг. почти 7500 стихийных бедствий, произошедших в мировом масштабе, унесли жизни более чем 2 миллионов человек, а оценка экономических потерь составила более чем 1,2 триллионов долларов США. Из общего числа стихийных бедствий 72,5% жертв и 75% экономических потерь были связаны с неблагоприятными климатическими и погодными условиями (рис. 3.1).

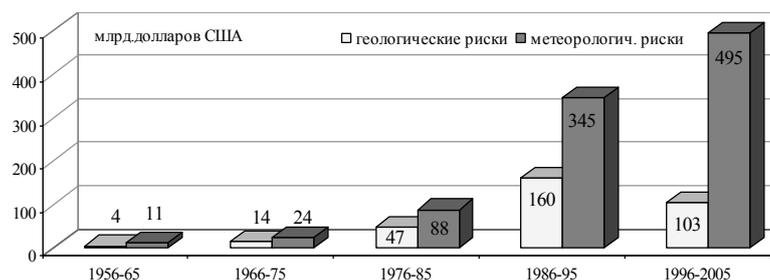


Рис. 3.1. Материальный ущерб от природных рисков в мировом масштабе.

Источник: WMO Bulletin 57 (2) - April 2008.

Бедствия, связанные с климатическими, метеорологическими и гидрологическими опасными явлениями приводят к соответствующему сдвигу риска «крупных хозяйственных неудач», вызывают существенные материальные потери, задерживают экономическое и социальное развитие. Поэтому специализированные исследования

режима опасных явлений погоды с учетом региональных особенностей и создаваемых ими рисков ущерба приобретают особое значение для обоснования и последующего принятия экономически оптимальных решений [119]. Для оценки погодно-климатических рисков, управления ими и обеспечения деятельности адаптации необходимо располагать информационными ресурсами, которые содержат, с одной стороны, научно-обоснованные данные о режиме ОЯ (вероятность возникновения, продолжительность действия, площадь охвата), а с другой - адекватные сведения о непредотвращенных потерях от их воздействия, что соответствует понятию уязвимости объекта [154]. Вопросы обеспечения безопасной жизнедеятельности являются предметом исследований и входят в число приоритетных задач метеорологии, агрометеорологии и климатологии [120].

Одной из физико-географических особенностей Республики Молдова является вытянутость территории в меридиональном направлении и значительная расчлененность рельефа, что обуславливает высокую степень подверженности климатическим рискам [10]. На территории Республики Молдова наибольшие материальные потери (50%) и человеческие жертвы (92%) связаны с наводнениями, 25% - с экстремальными явлениями, вызванными сильными ветрами и 12,5% - с засухами [148]. В отдельные годы их последствия приобретают масштабы социально-экономического и экологического бедствия, а общий ущерб может быть сопоставим с годовым бюджетом страны.

Наиболее уязвимыми секторами экономики от воздействия сильных ветров являются: сельское хозяйство, технические системы, энергетика, транспорт, строительство, а также здравоохранение. В этой связи, анализ и обобщение необходимой гидрометеорологической информации с целью ее эффективного использования для предупреждения ОЯ и смягчения их последствий, представляется весьма актуальной задачей.

В ходе диссертационной работы был проведен анализ результатов исследований различных авторов и нормативных документов по установлению критических значений скорости ветра, определяющих режим опасных метеорологических явлений, связанных с ветром. Многие авторы предлагали свои термины в определении ветров с повышенной скоростью (Будилина Е.Н., Прох Л.З, Снитковский А.И, 1976; Лассе Г.Ф, 1978; Бабиченко В.Н., 1991). Критерии ОЯ в литературных источниках и публикуемых инструкциях неоднократно менялись [228, 230, 231, 233]. В настоящее время отсутствует общепринятая классификация по степени опасности явлений, связанных с ветром. Поэтому цель данной работы заключалась в составлении общей характеристики опасных явлений, возникающих от воздействия ветра. Для сохранения однородности исследуемых рядов данных

использовались критерии неблагоприятных метеорологических явлений, принятых для Государственной Гидрометеорологической службы Республики Молдова в соответствии с Руководящими документами [196, 200, 232] (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Опасные и стихийные метеорологические явления, связанные с ветром и их критерии для территории Республики Молдова

№	Явление	Продолжительность	Характеристика и критерии
<i>Опасное гидрометеорологическое явление</i>			
1	Сильный ветер и шквалы	любая	скорость не менее 15 м/с, включая порывы до 20 м/с
2	Метель	≥ 3 часов	снегопад, сопровождающийся ветром со скоростью ≥ 15 м/с
3	Пыльная (песчаная) буря	≥ 12	скорость ветра ≥ 15 м/с, при видимости ≤ 100 м
<i>Стихийные гидрометеорологические явления погоды</i>			
1	Очень сильный ветер, бури и шквалы	любая	скорость не менее 25 м/с, включая порывы до 30 м/с
2	Ураганный ветер (ураганы)	любая	ветер разрушительной силы и продолжительности. Скорость не менее 34 м/с, включая порывы 40 м/с и более
3	Смерч	от нескольких минут до 1 часа.	сильный вихрь с вертикальной осью в виде столба или воронки, направленной от облака к поверхности земли или воды. Высота вихря 100 м - 2 км, диаметр 10 - 30 м, скорость ветра 50 - 100 м/с. Сопровождается ливневым дождем, нередко с градом
4	Сильная метель	сутки и более	обильный снегопад, сопровождающийся ветром со скоростью ≥ 15 - 20 м/с

Согласно данным Комиссии ООН по стихийным бедствиям (CRED) ветры разрушительной силы в пределах Республики Молдовы за период 1900-2013 гг. составили 15% от общего вклада остальных неблагоприятных явлений погоды. Однако по

количеству материального ущерба и числу человеческих жертв за вышеуказанный период, доля сильных ветров увеличивается до 92%, что предопределяет необходимость детального изучения данного климатического параметра [187].

Сильные ветры, шквалы, ураганы и смерчи вызывают серьезные социальные последствия, тяжесть которых зависит от их интенсивности и продолжительности. Как правило, ветры с повышенными скоростями возникают в парагенетической связи с такими метеорологическими стихийными явлениями, как ливни, молнии, град, что увеличивает их неблагоприятное воздействие. Исследования, проведенные по данным Департамента чрезвычайных ситуаций при Министерстве внутренних дел РМ, показали, что за период 1998-2007 гг. экономические потери от воздействия сильного ветра составили 15 271,2 тыс. лей, от ливней в совокупности с сильным ветром – 259 233,1 тыс. лей, а от ливней с градом и сильным ветром – 410 561,3 тыс. лей [175, с. 40]. В связи с этим, изучение режима сильных ветров представляет значительный интерес для установления закономерности пространственно-временной динамики опасных и стихийных метеорологических явлений и выявления частоты их проявления на территории Республики Молдова.

Предметом для исследования режима сильных ветров на территории Республики Молдова в XX - начале XXI вв. было выбрано число дней со скоростью ветра 15, 25 и 30 м/с. По первичным показаниям 14-ти метеостанций Государственной Гидрометеорологической Службы был сформирован электронный банк данных за весь период инструментальных наблюдений, который послужил основой для расчетов количественных показателей среднего числа дней по месяцам и за год, максимального и минимального числа дней, повторяемости лет с ветром указанных скоростей.

3.2. Пространственно-временная оценка ветра со скоростью ≥ 15 м/с.

Появление повышенных скоростей ветра обуславливается неустойчивостью в атмосфере при прохождении глубоких циклонов с адвекцией холода, а также наличием штормовых зон между циклоном и антициклоном при резкой динамической и термодинамической конвекции. В метеорологии ветер со скоростью 15 м/с относится к опасным атмосферным явлениям, а в синоптической практике его включают в категорию «метеорологического предупреждения» как неблагоприятное метеорологическое явление [16].

Ветер со скоростью 15 м/с представляет большую опасность для народного хозяйства, если он наблюдается продолжительное время и охватывает более 10% территории. Под его воздействием происходит интенсивное испарение, что приводит к

резкому снижению влажности почвы и, в результате, к водному дефициту растений, а также к эрозии почв. Если почва плохо скреплена растительностью или пересушена, то нередко возникают пыльные бури. Обычно бурей называют всякую непогоду, связанную с резким усилением ветра, который при порывах может достигать 15-20 м/с и вызывать нежелательные последствия, например, сносить крыши, ломать деревья и т.д.

Исследование режима сильного ветра показало, что в XX - начале XXI вв. ветер со скоростью ≥ 15 м/с отмечался практически ежегодно на всей территории Республики Молдова (повторяемость $P = 100\%$). Вариабельность годового числа дней с ветром указанной скорости составляет от 10 до 31 дня (табл. 3.2). При этом их максимальное количество приходится на открытые возвышенности, водоразделы, верхние части склонов, на долины, ориентированные по направлению преобладающих ветров (Корнешть - 31,4 дня, Кахул - 29,4 дня).

Таблица 3.2. Среднее число дней со скоростью ветра 15 м/с за период 1945-2010 гг.

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1. Бричень	2,1	2,0	2,0	1,8	1,3	1,2	1,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,1	18,4
2. Сорока	2,5	2,2	2,6	2,5	2,1	1,8	1,8	1,1	1,1	1,3	1,9	1,8	22,6
3. Бэлць	1,4	1,4	2,1	2,2	2,0	1,6	1,4	1,0	0,8	0,8	1,4	1,1	17,2
4. Фэлешть	2,4	2,2	2,4	2,1	1,5	1,3	1,4	1,0	0,7	0,9	1,3	1,6	18,9
5. Каменка	1,5	1,5	1,6	2,0	1,0	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	1,3	1,1	13,8
6. Корнешть	2,9	3,4	3,9	4,0	2,3	2,2	1,7	1,7	1,4	1,7	3,1	3,1	31,4
7. Кишинэу	1,8	1,5	2,1	2,3	1,4	1,3	1,3	0,9	0,7	0,7	1,3	1,2	16,6
8. Дубэсарь	1,8	1,4	1,5	1,6	1,0	1,3	1,4	1,1	0,7	0,8	1,5	1,2	15,3
9. Тираспол	1,6	1,8	2,5	1,8	1,2	1,1	1,2	1,1	0,8	0,9	1,6	1,2	16,9
10. Бравича	1,1	1,0	1,4	1,2	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,6	1,1	1,1	10,6
11. Леова	3,0	2,8	3,3	3,0	2,2	2,1	1,9	1,4	1,0	1,4	2,2	2,5	26,8
12. Штефан-Водэ	3,0	3,3	3,5	3,0	2,2	2,0	1,8	1,1	1,5	1,9	2,4	2,3	28,0
13. Комрат	2,7	2,5	3,0	2,9	2,8	2,5	2,6	1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	27,6
14. Кахул	3,1	2,9	3,7	4,1	2,3	2,3	1,9	1,3	1,4	1,7	2,3	2,3	29,4

Анализ динамики изменения среднего числа дней с сильным ветром показал, что в годовом ходе их наибольшая повторяемость характерна для зимнего и весеннего сезона с максимальным числом дней в марте и апреле от 3,9 до 4,1 дней. Снижение проявляемости сильного ветра приходится на период с августа по октябрь с минимумом 0,4 - 0,6 дней в сентябре (рис. 3.2).

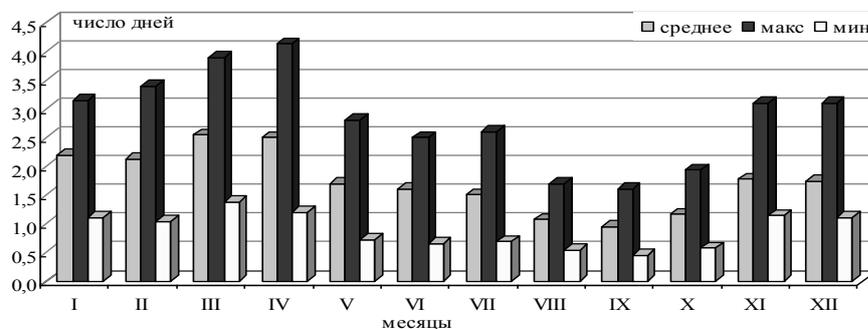


Рис. 3.2. Внутригодовое изменение среднего, максимального и минимального числа дней с сильным ветром за период 1945-2010 гг.

Чаще всего возникновение сильных ветров на территории республики связано с северо-западным направлением ветра, хотя на юге их регистрируют и при северном направлении. В некоторых местах, например, на юго-востоке республики ветры со скоростью 15 м/с наблюдаются в основном при юго-западном и южном направлениях ветра. В холодное время года в большинстве случаев (более 50%) сильные ветры сопровождаются метелями, а в летнее время – грозowymi ливнями или суховеями [151, стр. 297-298].

Следует подчеркнуть, что вследствие разнообразия природных условий, различные регионы Молдовы существенно отличаются по климатическим и погодным условиям. Поэтому особое внимание уделялось исследованию и выявлению периодов, когда сильный ветер проявлялся наиболее часто в физико-географических районах – на севере, в центре и на юге республики. Для установления временной закономерности было проведено сравнение средних показателей годового количества дней с сильным ветром по десятилетиям за период 1945 - 2010 гг. (рис. 3.3 а, б, в). Анализ показал, что на севере республики наибольшее число дней с сильным ветром приходится на период 1945-1960 гг.: Бричень - от 16 до 64 дней в 1945-1950 гг., Бэлць – от 2 до 56 дней в 1945-1950 гг., Сорока - от 27 до 101 дня в 1951-1960 гг. В центральном географическом районе максимальное проявление сильного ветра отмечено за период 1970-1980 гг.: Корнешть от 27 до 84 дней, Кишинэу – 6 - 60 дней, Бравича – 11 - 33 дня. Исключение представляет метеостанция Тираспол, где наибольшее число 14 - 49 дней приходится на период 2001-2010 гг. На юге республики максимальным числом дней с сильным ветром отличается

период 1971-1990 гг.: Леова от 12 до 63 дней, Штефан-Водэ от 7 до 109 дней в 1981-1990 гг., Комрат – 17 - 89 дней в 1971-1980 гг. Исключением является Кахул, где показатели от 29 до 77 дней зафиксированы в период 1945-1950 гг.

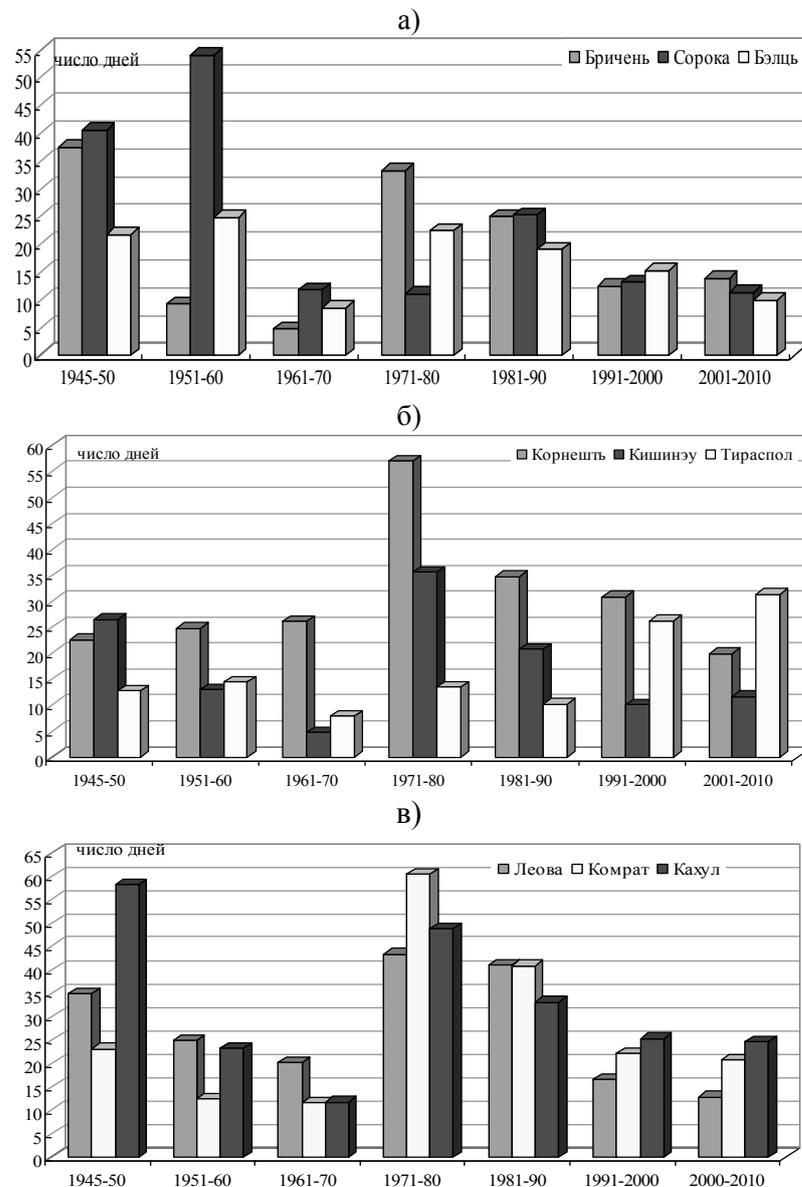


Рис. 3.3. Динамика изменения среднегодового числа дней с сильным ветром в Республике Молдова в XX-ом - начале XXI-го веков: а) на севере; б) в центре; в) на юге.

Установлено, что в целом на территории Республики Молдова в XX-ом веке наименьшая повторяемость сильных ветров отмечалась в 1961-1970 гг. Исключение составляют: Сорока, где минимальное количество 11,1 дней зафиксировано в 1971-80 гг., Корнешть – 19,9 дней в 2001-2010 гг., Леова – 12,9 дней в 2001-2010 гг. Наибольшее среднегодовое число дней на севере республики отмечено в период 1945 - 60 гг. (Сорока - 54 дня), в центре и на юге - в 1971- 80 гг. (Корнешть - 57 дней, Комрат – 60,5 дней).

Дополнительно были рассчитаны отклонения от нормы среднего числа дней со скоростью ветра 15м/с, графическое отображение которых можно увидеть на примере метеостанций Бричень, Корнешть, Комрат (рис. 3.4).

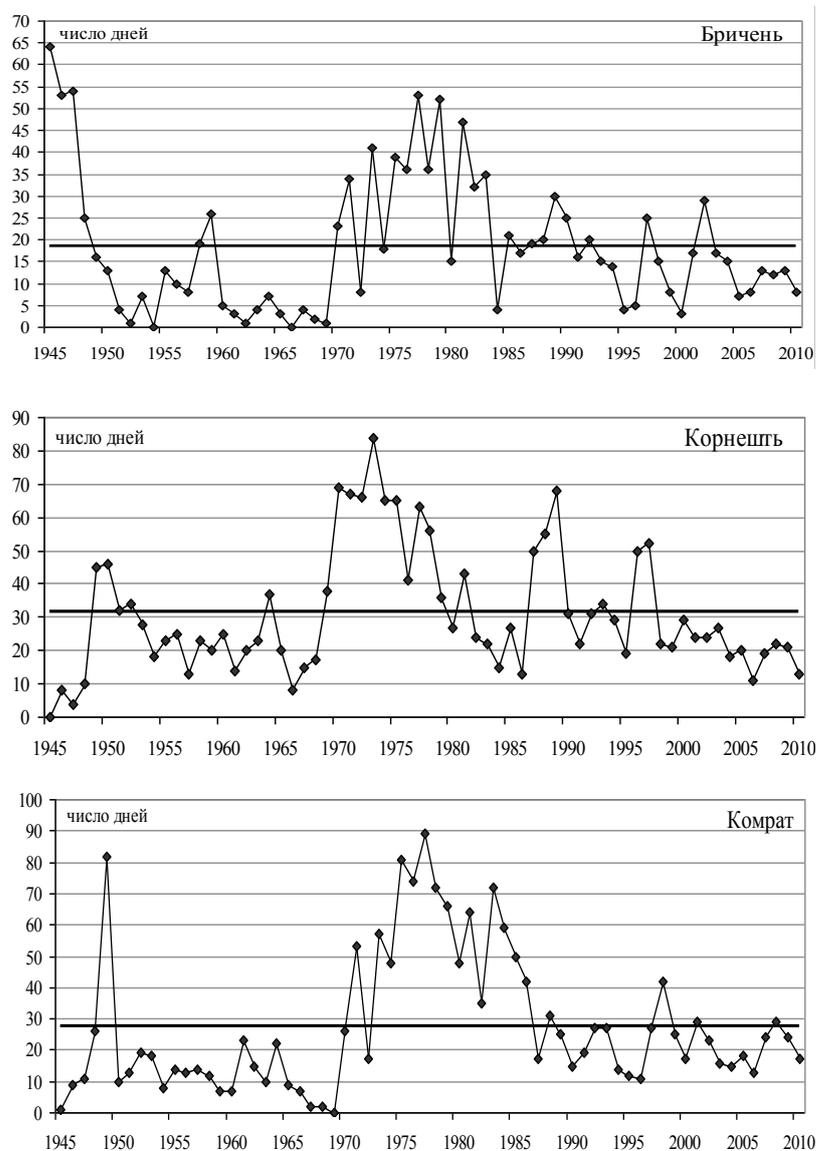


Рис. 3.4. Отклонение от нормы среднего числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с

В целом по республике значительное уменьшение среднего числа дней, по сравнению с нормой, отмечается в период 1950-1970 гг. Незначительное превышение нормы наблюдалось с середины 50-х до начала 60-х годов на севере и на юге республики. С 1971 по 1990 годы превышение нормы составило до 3,5% на всей территории Молдовы. Этот период характеризуется активной ветровой деятельностью.

На основе проведенного внутривекового анализа можно сделать вывод, что на территории Республики Молдова повторяемость сильных ветров во второй половине по сравнению с первой половиной XX века увеличилась в 1,5 – 2,5 раза. К концу XX-го

столетия наметилась тенденция снижения и приближения значений среднего числа дней к норме, которая сохраняется и в начале XXI века. Полученные данные подтверждаются результатами исследований рядом авторов, которые констатируют, что именно вторая половина прошлого века характеризуется возрастанием числа опасных явлений, вызываемых сильным ветром [3, 7, 30, 41, 73, 81, 87, 115, 168, 195, 261].

Для наиболее наглядной формализации особенностей пространственно-временного распределения климатических параметров сильных ветров была составлена карта среднего числа дней со скоростью ветра 15 м/с за 1945 - 2010 гг. (рис. 3.5). По представленным данным можно судить о частоте проявления сильного ветра: среднее число дней варьирует от 10 до 20 на севере и в центре, увеличиваясь до 29 - 31 дня на юге республики.

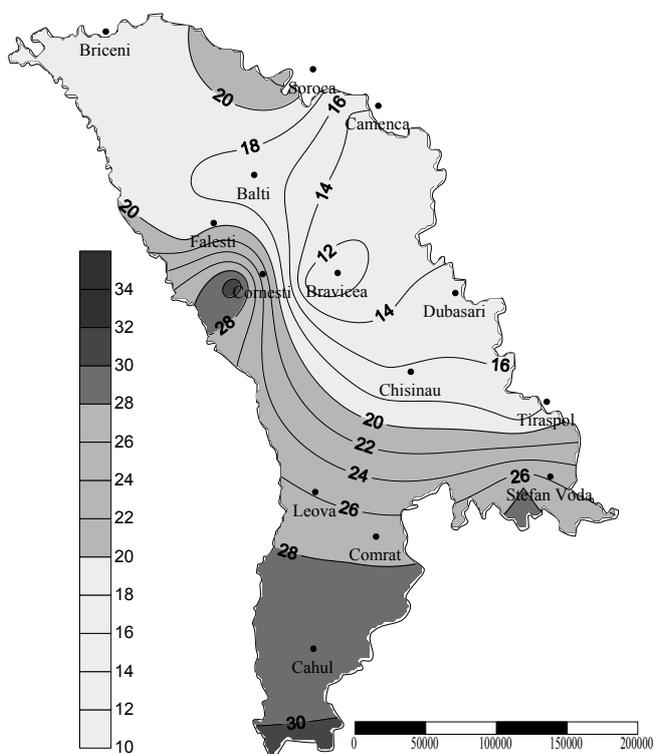


Рис. 3.5. Среднегодовое число дней со скоростью ветра 15 м/с за период 1945-2010 гг.

По результатам исследований впервые было выполнено районирование территории Молдовы по степени подверженности стихийным явлениям, связанных с сильным ветром. В качестве критерия был выбран показатель повторяемости среднего числа дней со скоростью 15 м/с, вычисленный как выраженное в процентах отношение количества лет, в которые наблюдалось явление к общему числу лет наблюдений (рис. 3.6).

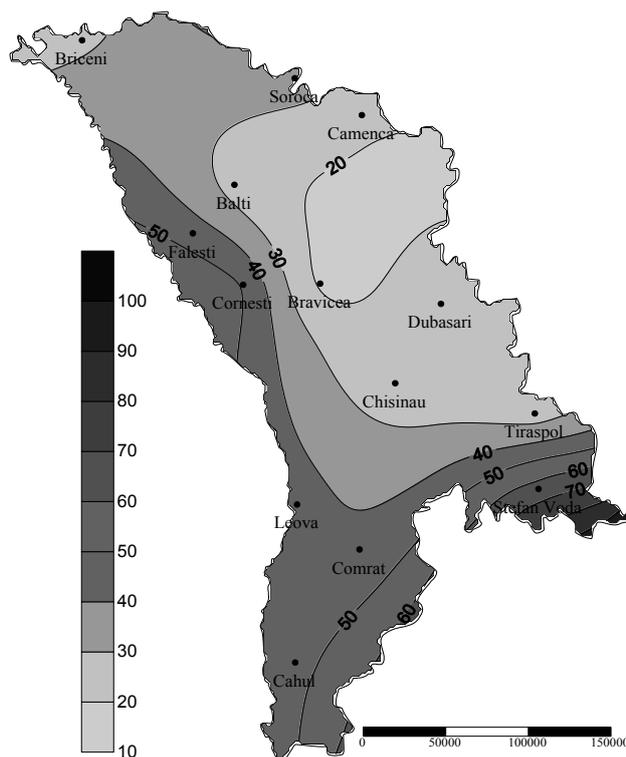


Рис. 3.6. Повторяемость ветра (P%) со скоростью 15 м/с за период 1945-2010 гг.

По представленному картографическому материалу на территории Республики Молдова можно выделить 4 района с различной вероятностью проявления ветра ≥ 15 м/с: 1- восточная часть республики, где повторяемость сильных ветров составляет $P = 10 - 20\%$; т.е. явление наблюдается 1 раз в 5 лет; 2- территории на крайнем северо-западе и северо-восточная часть с переходом в центральную часть Молдовы, где ветры указанной силы проявляются 1 раз в 3 – 4 года ($P = 20 - 30\%$); 3- северная и центральная часть республики с повторяемостью сильного ветра $P = 30 - 40\%$, т.е. 1 раз в 2 -3 года; 4- западная часть, район Кодру и юг республики. Здесь возникновение сильных ветров возможно ежегодно ($P > 40\%$).

В большинстве случаев районы больших скоростей совпадают с районами наибольшей повторяемости числа дней с сильным ветром. Максимальное число дней с сильным ветром может достигать в некоторых населенных пунктах, наиболее открытых для ветра, 12-17 дней в месяц и 89 - 101 дней в год.

3.3. Распределение ветров со скоростью ≥ 25 м/с.

Ветер со скоростью 25 - 32 м/с относится к категории очень сильных, которые по шкале Бофорта соответствуют штормовым ветрам в 10 баллов. Как правило, такие ветры являются результатом воздействия крупномасштабных центров атмосферы и образуются при столкновении воздушных масс - полярных и тропических, характеризующихся большими температурными контрастами. Штормовые ветры, как правило, сопровождают

смещение циклонических образований с запада на восток, занимающих огромные площади в сотни тысяч квадратных километров, характерные для регионов умеренного климата.

Из литературных источников установлено, что в Республике Молдова штормовые ветры возникают при наличии стационарного антициклона над центром Европы и малоподвижной депрессии над Черным морем, при прохождении ложбин на фоне сильного западного переноса, в глубоких циклонах, перемещающихся с юга и северо-запада [110, 151, с. 300-302; 247, 249]. Ветер ≥ 25 м/с вероятен в любую часть суток, однако, чаще он проявляется во второй половине дня (12 - 18 часов). В зависимости от времени года, одновременно с ветром могут возникнуть такие опасные явления погоды, как сильные ливни, пыльные бури, град, метели, снежные заносы. Согласно исследованиям, проведенным в Молдове за период с 1992 по 2003 годы, из общего числа экстремальных гидрометеорологических явлений, около 25% стихийных бедствий были связаны с сильным ветром и ураганами [84]. На большей части республики частота ветра со скоростью ≥ 25 м/с в году (λ 1/год) составляет 0,4 - 0,7 дня, что согласно принятой классификации, соответствует высокому уровню риска проявления данного явления [147]. В метеорологии ветер с такой скоростью относится к стихийным гидрометеорологическим явлениям, а в синоптической практике объявляют штормовое предупреждение, что соответствует «оранжевому коду» опасности.

В связи с вышесказанным, цель исследования состояла в выявлении закономерности и установлении цикличности распределения очень сильных ветров на территории Республики Молдова. Чтобы обеспечить однородность из долговременных климатических рядов был выбран период 1960-2010 гг.

Рассматривая годовое изменение среднего числа дней со скоростью ветра ≥ 25 м/с, можно отметить, что на территории Республики Молдова их вариабельность составляет от 2,4 до 10,2 дней. Максимальное проявление ветров со значительными скоростями отмечается в основном в весенне-зимний период в январе, феврале, и апреле, что связано, как правило, с прохождением глубоких циклонов с адвекцией холода и резким падением давления или наличием штормовых зон между циклоном и антициклоном. В теплый период года с мая по октябрь продолжительность очень сильных ветров обычно меньше, чем в холодный, однако, повторяемость их в отдельные годы изменяется в широком диапазоне (рис. 3.7). В сезонном распределении зимний период отличается наибольшим

числом дней с ветром ≥ 25 м/с от 0,5 до 1,0 дня. Весной их число составляет 0,2 - 1,1 дня, летом – 0,1 - 0,8 дня и осенью – 0,2 - 0,8 дня.

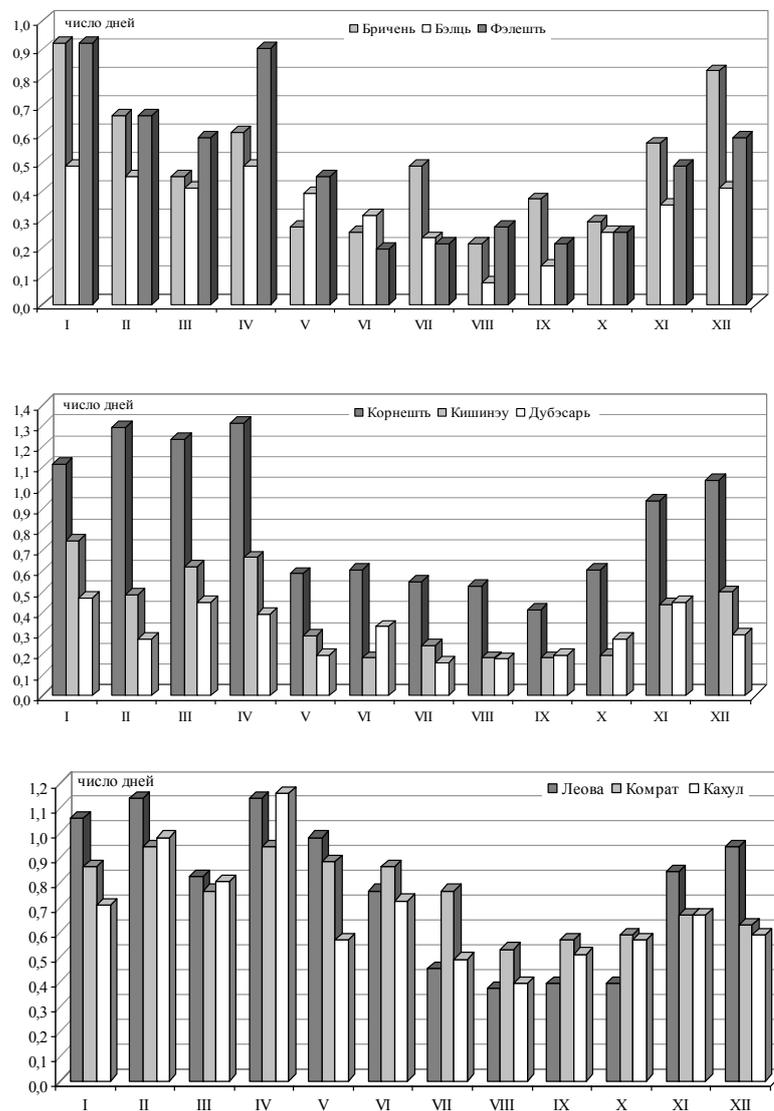


Рис. 3.7. Внутригодовое изменение среднего числа дней со скоростью ветра ≥ 25 м/с за 1960-2010 гг.

Как видно из полученных результатов, наибольшей продолжительностью штормовых ветров отличаются юг и Кодровая зона Молдовы. Можно сделать вывод, что одним из факторов, обуславливающих ветер со скоростью равной или превышающей 25 м/с, является орографическая особенность местности. В возвышенных регионах отмечается усиление ветровой деятельности, например, в Корнешть среднее число достигает максимума 1,3 дня в феврале и в апреле. На юге республики максимальное число - 1,1 дня (Леова) зафиксировано в январе, феврале и апреле. Здесь увеличение

повторяемости очень сильных ветров связано с влиянием Черного моря (малоподвижная депрессия над Черным морем).

Исследование временной динамики ветра со значительными скоростями в XX и в начале XXI веков проводилось по десятилетиям (рис. 3. 8).

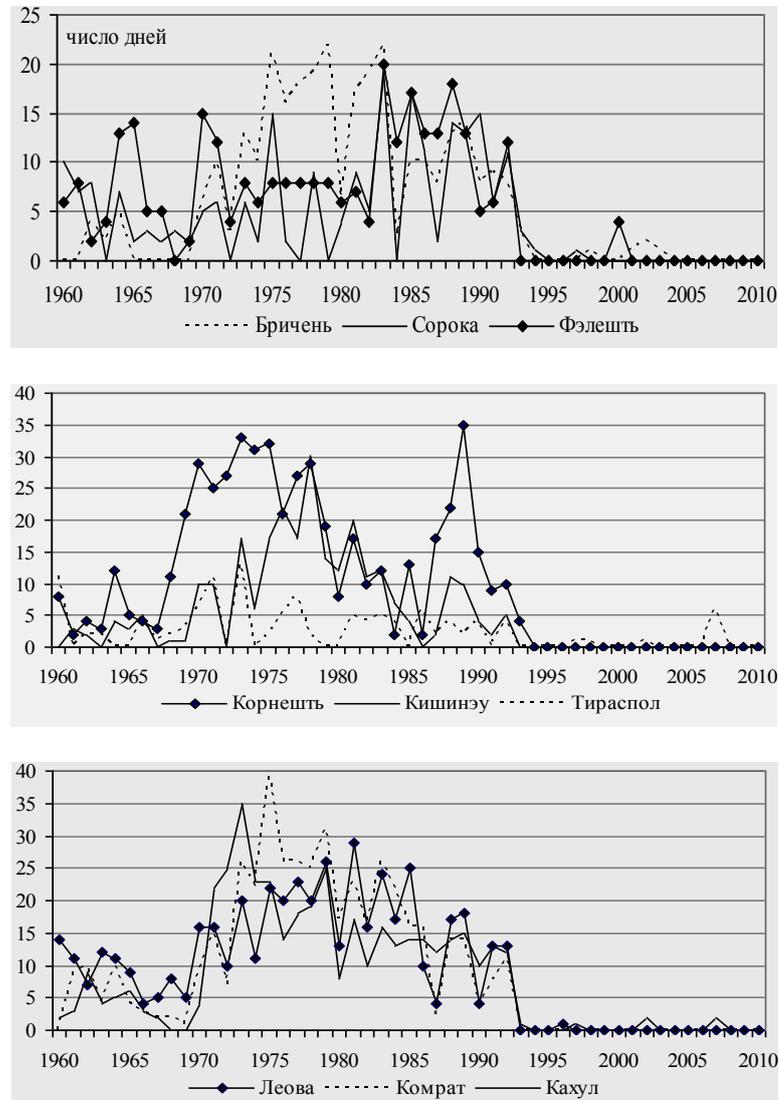


Рис. 3. 8. Изменение временной динамики ветра со скоростью 25 м/с за 1960-2010 гг.

В 1960-70 гг. можно выделить 1969 г., когда в октябре штормовой ветер, возникший в зоне активного циклона, наблюдался на всей территории Республики Молдова и почти во всех областях Украины [249, стр. 67]. Так же можно отметить и 1970 г., когда максимальное годовое число с данным явлением составило 29 дней в Корнешть и 16 дней в Леово. Наиболее активной ветровой деятельностью характеризуется период 1971-1980 гг., в котором отмечено максимальное число дней: 22 - на севере, 33 - в центре и 39 дней на юге республики. В десятилетие 1981-1990 гг. максимальное число дней на севере республики остается прежним, в центре увеличивается до 35 дней, на юге уменьшается до

29 дней. Последнее десятилетие XX-го века 1991-2000 гг. характеризуется снижением частоты стихийного ветра до 12 дней на севере, 10 дней в центре и 13 дней на юге Молдовы. Тенденция уменьшения количества дней от 2 - на севере и на юге республики до 6 - в центре прослеживается и в начале XXI века в 2001-2010 гг.

Полученные данные нашли подтверждение в проведенном сравнении трендов межгодовых изменений повторяемости ветра 25 м/с, которые оказались отрицательными. Результаты анализа временных изменений показателей подтверждают факт повсеместного уменьшения числа дней со штормовым ветром в последнее десятилетие XX века.

Комплексная оценка опасности возникновения ветров со скоростью 25 м/с на территории Республики Молдова заключалась в отображении на картах их вероятностной реализации и территориального распространения. В результате региональных исследований были составлены картосхемы, на которых представлены число дней (рис. 3.9. а) и вероятность возникновения ветра со скоростью ≥ 25 м/с (рис. 3.9. б).

Картографический метод исследования позволил выделить на территории Республики Молдова 3 основных района с однотипным распределением ветра со скоростью ≥ 25 м/с.

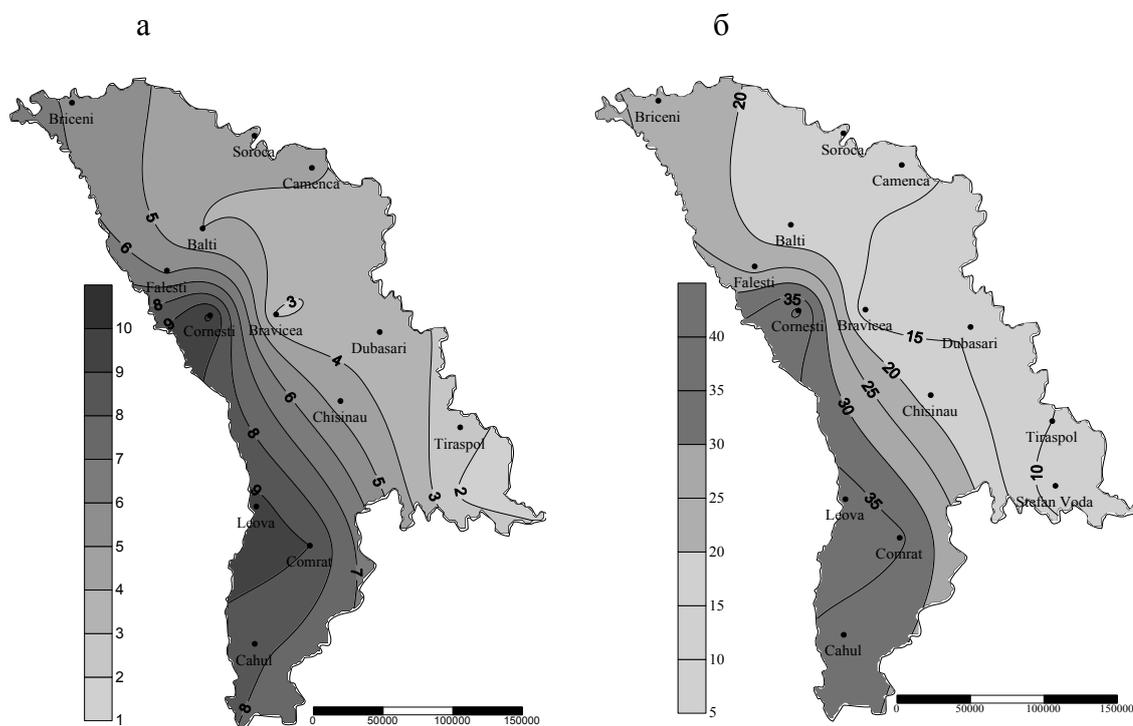


Рис. 3. 9. а) среднее годовое число дней; б) вероятность (%) возникновения ветра со скоростью ≥ 25 м/с за период 1960-2010 гг.

Северо-восточная часть республики относится к первому району, где вероятность проявления ветра со скоростью 25 м/с составляет 10 - 20% (1 раз в 5 лет). Вторым районом занимает значительную часть территории - северную, центральную и южную, где повторяемость стихийного ветра равняется 20 - 30% (1 раз в 3 - 4 года). Третий район включает западную часть Молдовы (Корнешть) и юг (Кахул). Он отличается наибольшей повторяемостью штормового ветра – 30 - 40% (1 раз в 2 - 3 года). Расчет вероятности больших скоростей ветра имеет первостепенное значение при проектировании зданий и оценки ветрового напора на различные строительные объекты и сооружения, при проектировании ЛЭП, автострад, защитных заграждений на полях и железных дорогах. Создание карт может быть востребовано при оценке современного состояния природного риска и уязвимости территории страны от сильных ветров, при выработке стратегических решений по снижению ущерба от их воздействия.

3.4. Особенности проявления шквалов и ураганов.

Ветры со скоростью ≥ 30 м/с представляют особую опасность для экономики Республики Молдова вследствие причиняемого ими значительного материального ущерба. В их генезисе решающую роль играет циркуляция атмосферы. Данной сложной системе свойственны неустойчивое и устойчивое состояния, которые определяются набором количественных параметров. Переход атмосферы в неустойчивое состояние характеризуется появлением таких стихийных явлений погоды, как ураганные ветры и шквалы. Согласно определению, ураган – это ветер разрушительной силы и значительной продолжительности со скоростью 32,6 м/с и более, соответствующий 12 баллам по шкале Бофорта [12, 186, 224, 259]. Иногда уже ветер 9 баллов называют ураганом в связи с его разрушительным действием [204]. Шквал - это внезапное и резкое усиление ветра до опасной скорости 35 - 40 м/с, сопровождающееся изменением его направления. При прохождении шквала происходит резкое изменение атмосферного давления, перепад температуры часто превышает 10⁰С. Шквалы возникают главным образом при прохождении холодных фронтов, вторичных фронтов и фронтов окклюзии [197]. Различают внутримассовые и фронтальные шквалы. Последние представляют наибольшую опасность, так как характеризуются большой разрушительной силой. Обычно они сопровождаются ливневыми осадками, грозами и градом. Шквалы, как правило, носят локальный характер, т.е. фиксируются в одном населенном пункте, но иногда они распространяются на несколько областей, что приводит к катастрофическим

последствиям. Орографический фактор способствует усилению или ослаблению шквалоопасной ситуации [94].

Наиболее уязвимыми секторами экономики от воздействия ураганных ветров и шквалов являются: энергетика - 50%, ЖКХ - 30%, сельское хозяйство - 10%, транспорт - 8%, природные объекты - 2%. Ураганные ветры обрывают провода линий связи и электропередач, выбивают окна, срывают крыши с домов, поднимают в воздух пыль и снег, ухудшая видимость и затрудняя движение различных видов транспорта, сдувают верхний слой почвы, вырывают растения и деревья с корнем. Размер ущерба, причиняемого ветрами ураганной силы на территории Республики Молдова, в значительной степени зависит от их продолжительности. Так, 25-27 ноября 1964 г. ветры северо-западного направления с максимальной скоростью 30 - 35 м/с и порывами до 40 м/с охватили всю территорию республики. В ряде пунктов были повреждены линии связи и электропередачи, сорваны крыши многих жилых домов. То же самое произошло и 27-28 октября 1969 г., когда ветер со скоростью 28 - 34 м/с, а местами до 40 м/с наблюдался в Молдове и почти на всей территории Украины. Оба случая усиления ветра были обусловлены перемещением с большой скоростью активных циклонов с северо-запада Европы на юго-восток. Согласно информации, размещенной на сайте Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова за период 1966-1975 гг., отмечалось по 1 случаю ураганных ветров в 1966-68 гг., 1970, 1973 и 1975 гг.; по 2 случая в 1969 и 1971 гг., а в 1972 и 1974 гг. не было отмечено ни одного случая [242]. Изучение шквалоопасной ситуации на территории Украины и Молдовы за 1966-1987 гг. показало, что наибольшее количество шквалистых усилений ветра в соседнем государстве пришлось на пятилетие 1966-1970 гг. (60%), а наименьшее (3%) – на 1976-1980 гг. В Молдове зафиксировано 11 случаев шквалов, тогда как в Украине - 100 случаев [252, с. 77].

Большинство шквалов (80 - 87%) наблюдается на холодных фронтах и фронтах окклюзии в основном вблизи центров молодых циклонов и вершин волновых возмущений, 10 - 15 % – на теплых и вторичных фронтах, в 3 - 5 % случаев они возникают в термически однородной массе [226]. Мощность шквала зависит от энергии нисходящего потока. Скорость шквала при конвективных процессах определяется не только развитием кучево-дождевой облачности, но и рядом дополнительных условий (контрасты температур, скорость потока и др.). Чем больше скорость ветра в нижних слоях тропосферы, тем интенсивнее шквал [205]. Иногда скорость ветра при прохождении

шквала не превышает 20 м/с. Чаще всего для шквалов характерна скорость ветра в пределах 21 - 30 м/с. Большие скорости ветра ≥ 31 м/с наблюдаются в пределах 1 - 5% (рис. 3.10).

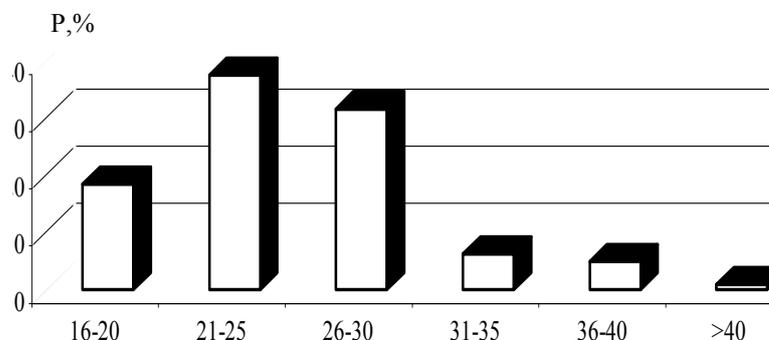


Рис. 3.10. Повторяемость (%) максимальной скорости ветра (м/с) при шквалах

Исходя из данного рисунка, можно сделать вывод, что наибольшая повторяемость шквалов (70%) наблюдается при скорости ветра 21 - 30 м/с.

Скорость ветра является основополагающим параметром при оценке мощности шквала. В настоящее время для детализации интенсивности шквалов принято три градации: 1) скорость ветра 20 - 24 м/с; 2) опасное явление погоды – 25 - 32 м/с; 3) ураган – более 33 м/с [43, 51, 52, 58, 79, 101, 147, 263].

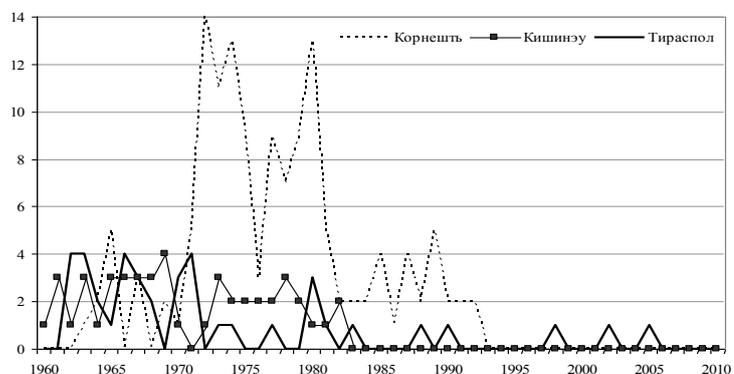
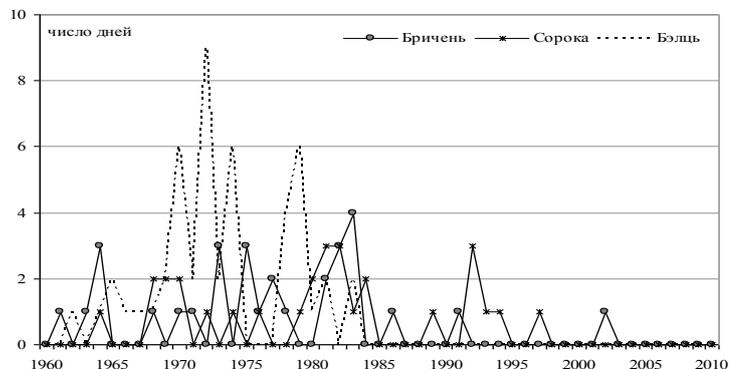
Шквалы имеют ярко выраженный суточный ход. Наибольшая их повторяемость приходится на вторую половину суток. Это связано с интенсивным развитием конвективной облачности в это время и возрастанием энергии неустойчивости [80]. Продолжительность шквалов невелика, чаще всего они длятся не более получаса. Более длительные шквалы (≥ 1 час) являются чрезвычайным стихийным бедствием, так как обычно сопровождаются интенсивными ливневыми осадками с грозами или градом.

Из литературных источников известно, что шквалистое усиление ветра возникает в основном в теплый период года (92% в мае-августе) при мощном развитии конвекции и наличии больших контрастов температур. Осенью происходит уменьшение данного феномена. В зимний период это явление обычно не проявляется [78, 137]. Так, например, в информационно-методическом письме [99] представлено описание атмосферных процессов, приведших к возникновению продолжительных шквалов и смерчей на обширной территории, а именно в Молдове, Украине, Румынии и в центральных областях России в июне 1984 г., когда в результате их воздействия на больших площадях погибли сельскохозяйственные культуры, были повреждены опоры ЛЭП, разрушены кровли зданий, сломаны деревья.

Несмотря на большую значимость рассматриваемой проблемы и ряд публикаций в последнее десятилетие [2, 6, 17, 22, 23, 48, 106, 250], исследования в этой области нельзя считать завершенными.

Целью представленной работы являлось исследование пространственно-временного режима ветра со скоростью ≥ 30 м/с в XX-ом и в начале XXI-го веков в условиях меняющегося климата на территории Республики Молдова. В данной работе ветер со скоростью ≥ 30 м/с рассматривался как шквал, так как скорость ветра, превышающая показатели 33 м/с и соответствующая ураганам в Молдове является чрезвычайно редким явлением. Чтобы обеспечить однородность рядов из генеральной совокупности (1945-2010 гг.) был выбран период времени с 1960 по 2010 гг.

При рассмотрении динамики шквалов за исследуемый период на территории Республики Молдова была отмечена значительная изменчивость их годовых значений. Наибольшее число дней со шквалистым усилением ветра приходится на десятилетие 1971 - 80 гг. (рис. 3.11), когда их количество на севере республики составило от 1 до 9 дней (Бэлць - 9 дней в 1972 г.), в центре – от 3 до 14 дней (Корнешть 14 дней в 1972 г.). На юге максимальное число от 4 до 15 дней со шквалами зарегистрировано в 1981 - 1990 гг. (Кахул - 12 дней в 1981 г., 15 дней в 1982 г., Леова - 11 дней в 1986 г.)



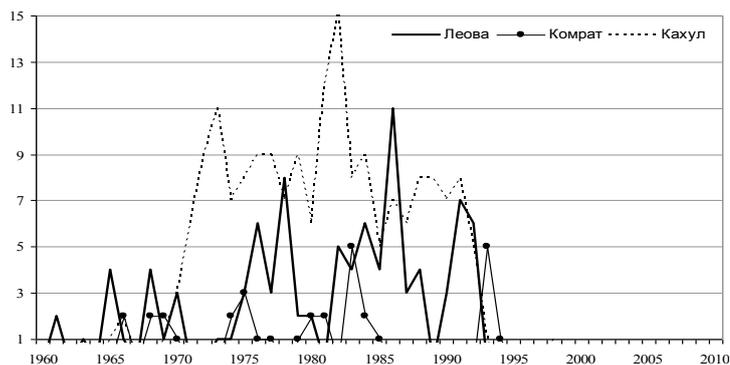


Рис. 3.11. Временная динамика шквалов за период 1960-2010 гг.

В конце XX –го века в 1991-2000 гг. отмечено уменьшение числа дней с данным явлением: на севере республики до 1 - 4 дней (Сорока – 3 дня в 1992 г., Фэлешть - 4 дня в 2000 г.); в центре – до 1 - 2 дней (Корнешть - 2 дня в 1991 и 1992 гг., Тираспол- 1 день в 1998 г.); на юге – до 2 - 8 дней (Кахул - 8 дней в 1991 г., 5 дней в 1992 г., Леова - 7 дней в 1991 г., 6 дней в 1992 г., Комрат - 5 дней в 1993 г.). В начале XXI-го века с 2001-2010 гг. наблюдается очень редкая повторяемость шквалов, так на севере и в центре республики число составляет 0 - 1 день, на юге – 0 - 2 дня.

Анализ внутригодового изменения количества дней со шквалами на территории Республики Молдова показал, что их наибольшее количество приходится на июнь (0,1-0,8 дней) и июль (0,1-0,7 дней), особенно при ливнях и грозах (рис. 3.12).

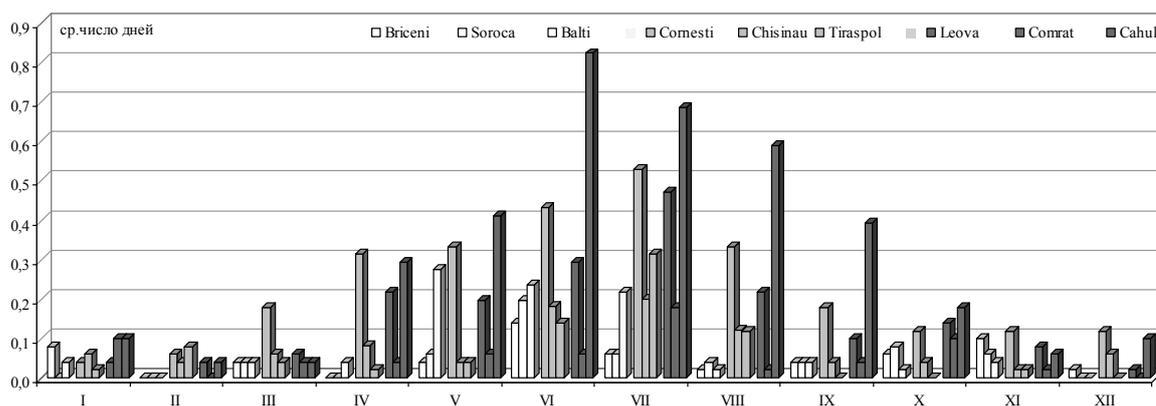


Рис. 3.12. Годовое изменение числа дней со шквалами за 1960-2010 гг.

Уменьшение шквалистых ветров до 0,1 - 0,6 дней отмечается в августе. Почти одинаковая повторяемость 0,1 - 0,4 дня зафиксирована в мае и сентябре, а также в апреле и октябре - 0,1 - 0,2 дня. В зимний сезон, включая ноябрь, это явление проявляется крайне редко от 0 до 0,1 дня.

Максимальное число дней со шквалами по регионам республики составило: на севере 12 дней, на юге 10 дней в июне, в центре - 13 дней в июле (рис. 3.13).

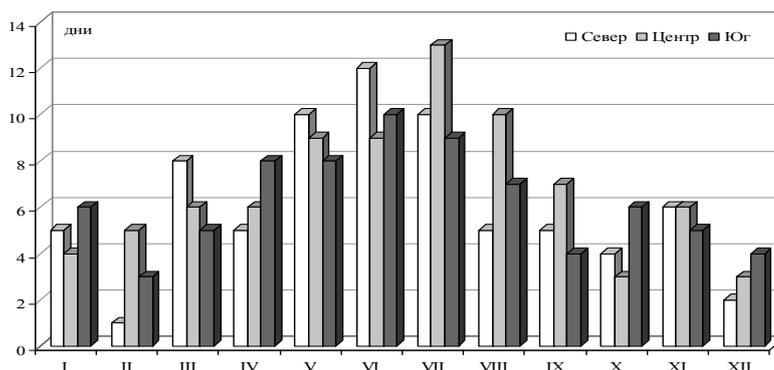


Рис. 3.13. Максимальное количество дней со шквалами на севере, в центре и на юге Республики Молдова за 1960-2010 гг.

Для установления определенной закономерности в пространственном распределении ветра со скоростью ≥ 30 м/с на территории Молдовы было выполнено картирование среднего числа случаев со шквалами (рис. 3.14).

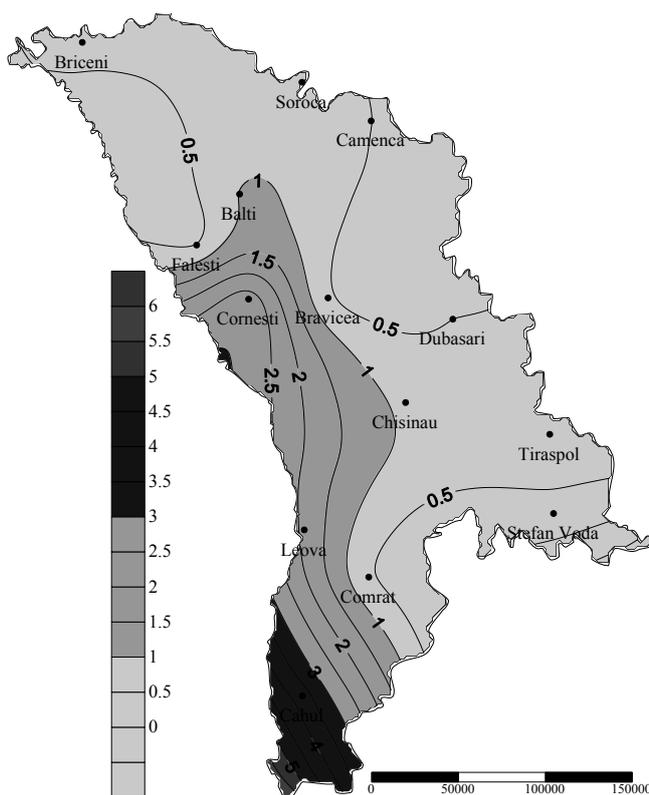


Рис. 3.14. Среднее число дней со скоростью ветра ≥ 30 м/с за 1960-2010 гг.

Исследование годовых показателей числа дней и их повторяемости (P%) за 50 лет позволило провести районирование территории Республики Молдовы по степени проявления шквалов и выделить наиболее уязвимые районы (Рис. 3.15).

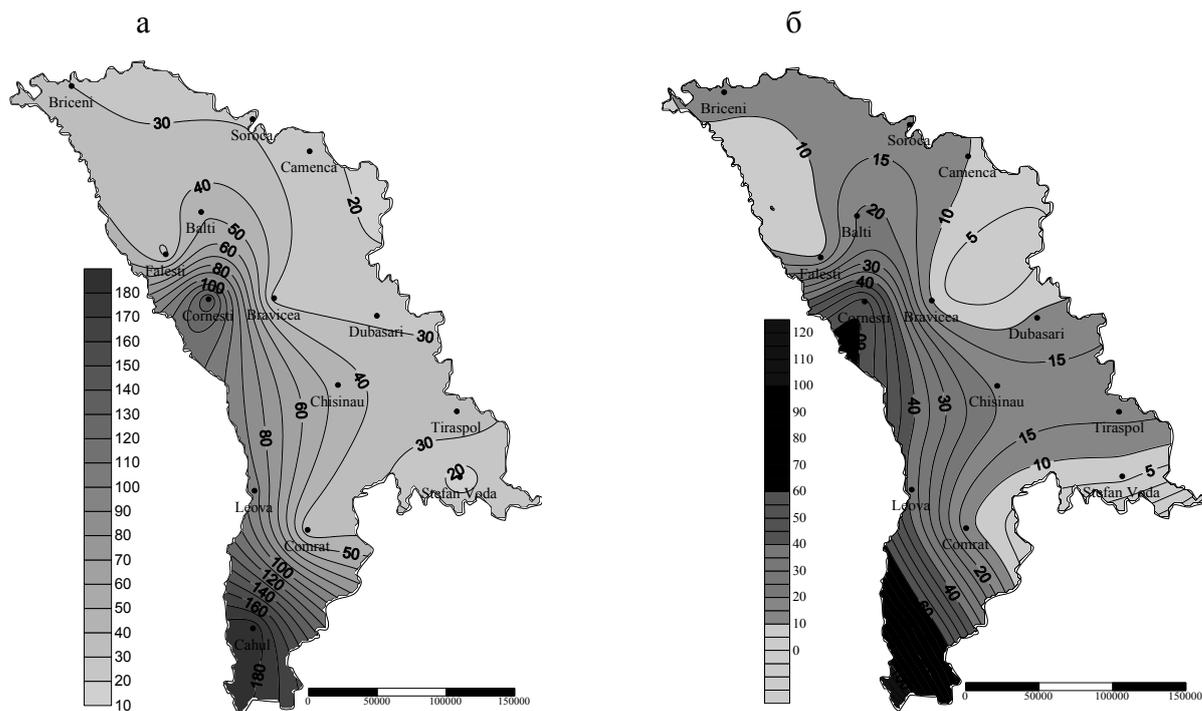


Рис. 3.15. а) Суммарное количество годового числа дней со шквалами, б) повторяемость (Р %) шквалов за период 1960-2010 гг.

В среднем шквалоопасная ситуация на всей территории республики возникает 1 раз в 3 года. По вероятности проявления шквалов лидирует южная часть республики и зона Кодр. За исследуемый период на севере Молдовы число дней со шквалами составило от 23 до 49 дней (минимум в Каменке, максимум в Бэлць), в центре – 26 - 140 дней (минимум в Бравича, максимум в Корнешть) и на юге от 16 до 188 дней (минимум в Штефан-Водэ, максимум в Кахуле).

Исходя из полученных результатов и картографического материала, на территории республики можно выделить 4 района: 1) вероятность шквалов < 10%, частота проявления составляет 1 раз в 8 - 10 лет; 2) вероятность шквалов 10 - 20%, частота проявления - 1 раз в 5 лет; 3) вероятность шквалов 20 - 40%, частота проявления - 1 раз в 2 – 4 года; 4) вероятность шквалов > 40%; частота проявления - ежегодно.

Опасность таких экстремальных климатических явлений, как шквалы, заключается в том, что они часто вызывают катастрофические разрушения и приводят к человеческим жертвам. Например, по данным Государственной Гидрометеорологической службы Республики Молдова в июле 2003 г. в результате активизации черноморской депрессии прошло несколько циклонов, которые способствовали формированию конвективной неустойчивости в атмосфере и, как следствие, выпадению интенсивных дождей, града, шквалистому усилению ветра. Так 3 июля в Бриченъ за 3 часа выпало 122 мм осадков.

Ливень сопровождался грозой, градом и шквалом до 27 м/с. Это стихийное бедствие нанесло материальный ущерб в 1 835, 2 тыс. леев [119].

Полученные данные и картографические материалы могут быть использованы не только в рамках исследуемой задачи, поставленной в диссертационной работе, они эффективны и при рассмотрении многих практических вопросов, связанных с режимом сильных ветров, например, при расчете ветрового напора на различные сооружения и строительные объекты.

3.5. Хронология смерчей.

Смерч - это сильный разрушительный атмосферный вихрь, опускающийся из мощного кучево-дождевого облака до поверхности Земли в виде облачного рукава или хобота диаметром в десятки и сотни метров. В Америке смерч на суше называют торнадо (от испанского «тронадо»- гроза). В Европе смерчи получили название тромбов. Но чаще эти понятия рассматриваются как синонимы. Из всех стихийных явлений смерчи наименее исследованы. Это связано с их малой повторяемостью, трудностью регистрации из-за локальности. Редко удается с помощью приборов зафиксировать действительную скорость ветра и величину понижения давления, так как часть смерчей не попадает в поле зрения наблюдений. Поэтому каждый случай непосредственных измерений смерча представляет интерес для выяснения физической сущности его образования. Наиболее полные данные имеются у специалистов NOAA, т.к. из около 2000 смерчей (торнадо), ежегодно образующихся на планете, около 1300 наблюдаются на территории США.

Смерчи относятся к наиболее опасным метеорологическим явлениям, разрушительная сила которых обуславливается не только огромными скоростями ветра до 150-300 м/с и силой ветрового удара, но и резким перепадом атмосферного давления между центром и периферией вихря. Давление воздуха при прохождении смерча может понизиться на 100-200 гПа, создавая «эффект насоса», т.е. втягивания внутрь тромба окружающего воздуха, воды, пыли, предметов и т.д. Дома, попавшие в депрессионную воронку, как бы взрываются изнутри: с них слетают крыши, вылетают стекла и оконные рамы, разрушаются стены, так как высокое давление внутри зданий не успевает выровняться с наружным. Тромб ломает или вырывает с корнем деревья, прокладывая в лесах просеки, переносит на большие расстояния предметы, попадающие на его пути. Восходящие потоки воздуха в смерче достигают скорости 70 - 90 м/с, поступательная скорость движения – 40 - 60 км/ч, максимальная длина пути 100-120 км [70, 223].

Анализ синоптико-аэрологической обстановки при возникновении смерчей на Европейской территории за многолетний период позволил выявить, что они возникают в

условиях меридиональной циркуляции атмосферы. Фронтальные зоны, вдоль которых образуются смерчевые облака, принимают почти меридиональное положение, при этом происходит быстрое вторжение холодных воздушных масс из Арктики в южные районы и вынос далеко на север теплого тропического воздуха, с характерной для него вертикальной неустойчивостью [98, 156, 206, 207]. На линиях неустойчивости (линиях шквалов) образуется циркуляция, называемая «циклон-торнадо», которая и приводит к образованию смерча (рис. 3.16).

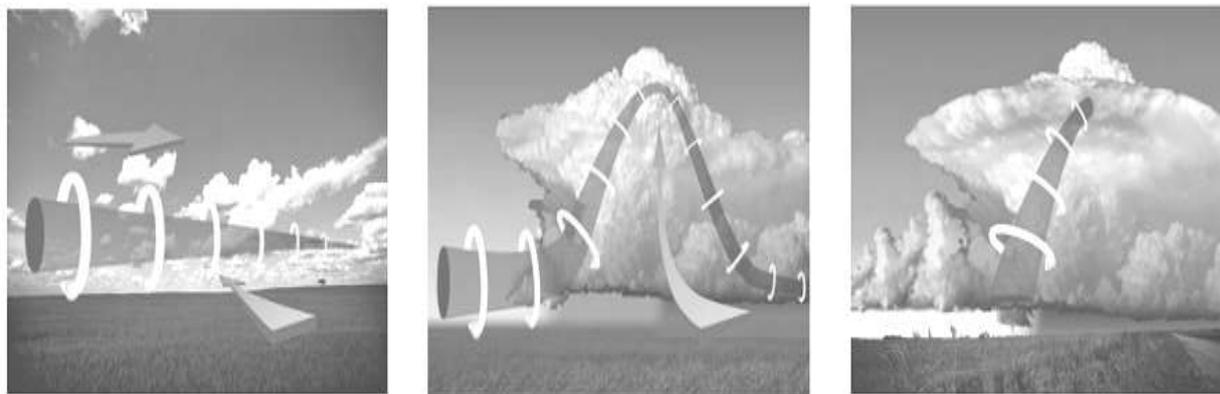


Рис. 3.16. Образование и развитие смерча. Источник <http://meteoinfo.ru>

В последние годы появилась возможность для непосредственных измерений характеристик смерча благодаря внедрению в метеорологию таких средств, как фотограмметрия, радиолокация, и др. [47, 56, 102]. Класс интенсивности смерчей (от 0 до 6) определяется на основе качественных описаний силы (скорости ветра), длины и ширины траектории движения по шкале Фуджиты - Пирсона, принятой в качестве официальной Метеорологической службой США в 1973 г [91].

Чаще всего смерчи наблюдаются в теплый период года, в июне-августе. В течение суток наибольшая вероятность их появления (40%) фиксируется в период с 15 до 18 часов, т.е. во время максимального развития конвекции [252, с. 83]. Длятся такие экстремальные явления недолго – от нескольких минут до получаса. Вероятность прохождения смерча через один и тот же пункт чрезвычайно мала, хотя такие случаи были отмечены [111, 156, 194, 244].

На территории Республики Молдова смерчи - явление редкое. По данным Государственной Гидрометеорологической Службы РМ составлена хронология проявления смерчей за период 1945-2012 гг. (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Смерчи на территории Республики Молдова за 1945-2012 гг.

№	Дата	Место прохождения смерча
1.	4 августа 1950 г.	г. Орхей
2.	1 июля 1975 г.	г. Кишинэу
3.	27 апреля 1976 г.	с. Березложы, район Орхей
4.	27 июня 1980 г.	р-оны Слобозия и Кэушень
5.	22 мая 1984 г.	с. Мындра, р-он Кэлэрашь
6.	11 августа 1994 г.	с. Варатик, р-он Рышкань; с. Татаровка, р-он Сорока
7.	14 сентября 1998 г.	с. Ваду-луй-Водэ, р-он Криулень
8.	8 июля 2000 г.	р-оны Сынжерей и Стрэшень
9.	9 июля 2000 г.	р-оны Сынжерей и Стрэшень
10.	7 августа 2005 г.	с. Кобуска, р-он Анений Ной
11.	17 апреля 2012 г.	с. Бэчой, мун. Кишинэу
12.	20 мая 2012 г.	г. Кишинэу

Самым сильным по охвату территории и причиненному ущербу был смерч, который отмечался 11 августа 1994 года. Смерч прошел по республике с запада на восток полосой, ширина которой составила около 10 - 25 км, а длина около 80 км. Прохождение смерча сопровождалось усилением скорости ветра более 120 км/ч (измерена визуально), ливнем с выпадением града диаметром до 30 мм, что привело к человеческим жертвам, увечьям, а также к нанесению большого материального ущерба народному хозяйству. В районах Рышкань, Дрокия, Дондюшэнь, Сорока на значительных площадях пострадали сельхозугодья, жилой фонд - повреждены или снесены крыши домов, выбиты дверные и оконные рамы, стекла, оборваны провода линий связи и электропередач. Остальные, перечисленные выше, смерчи носили локальный характер (шириной до 3 км), однако, их воздействие привело к ощутимым потерям в народном хозяйстве. Единственным случаем, когда удалось измерить инструментально скорость ветра - 158 км/ч, был смерч, отмеченный 8 июля 2000 г. на метеостанции Кодрий (с. Лозова, р-он Стрэшень) [210].

Интерес представляет описание смерча, представленного в [127], когда по расспросам очевидцев и полевому обследованию удалось определить его параметры и составить схему траектории движения: 31 мая 1973 г. в 18 часов 20 минут на территории колхоза «40 лет Октября» Единецкого района наблюдалось прохождение смерча диаметром 30 м, скоростью перемещения 20-25 м/с. Длина пути составила 8,5 км, время

существования не превышало 4-5 минут. Прохождение смерча сопровождалось сильной грозой, интенсивным ливнем и градом. Смерч не задел населенных пунктов, прошел в основном по полям и выгонам. Колхозу, территорию которого он пересек, был нанесен материальный ущерб на сумму 11 224 рубля.

Сейчас, когда почти каждый гражданин обладает мобильным телефоном, такие редкие явления стали чаще фиксироваться визуально, например, удалось сделать снимок смерча над столицей Молдовы (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Смерч в Кишиневе 20 мая 2012 г. Источник: http://www.noi.md/ru/news_id/12073

В этот день Кишинев оказался в зоне воздействия сильного ветра и грозовых дождей. Жители столицы стали свидетелями необычного явления – образования в небе столба воздуха, который тянулся от тучи к земле и вращался с огромной скоростью.

Исходя из имеющихся данных, можно сделать вывод, что из 12 случаев такого явления, как смерч, их наибольшая повторяемость отмечена в августе - 3 случая (1950, 1994, 2005 гг.); по 2 случая зафиксировано в мае (1984, 2012 гг.), апреле (1976, 2012) и июле (1975, 2000 гг.); по 1 случаю приходится на июнь (1980 г.) и сентябрь (1998 г.). Небольшая частота смерчей и локальный характер их возникновения не позволили применить критерий однородности для районирования территории республики и представить в картографическом виде наиболее уязвимые области.

3.6. Выводы к третьей главе.

1. За исследуемый период отмечено практически ежегодное проявление ветра со скоростью ≥ 15 м/с на всей территории Республики Молдова (повторяемость $P = 100\%$). В годовом ходе наибольшая вероятность сильного ветра характерна для зимнего и весеннего сезонов. Максимальное число дней отмечено в марте и апреле, минимальное - в сентябре.
2. Во второй половине, по сравнению с первой половиной XX века, на территории Республики Молдова повторяемость сильных ветров, увеличилась в 1,5 – 2,5 раза. Наименьшая повторяемость сильных ветров отмечена в 1961-1970 гг. Период 1971-1990

гг. характеризуется активной ветровой деятельностью, превышение нормы составило до 3,5% на всей территории Молдовы. К концу XX-го столетия наметилась тенденция снижения и приближения значений среднего числа дней к норме, которая сохраняется и в начале XXI века.

3. Районирование территории республики по степени подверженности стихийным явлениям, связанных с ветрами со скоростью $\geq 15, 25, 30$ м/с позволило выделить 4 однотипных района: I - с повторяемостью $P < 10 - 20\%$ (1 раз в 5 лет); II - с повторяемостью $P = 20 - 30\%$ (1 раз в 3 – 4 года); III - с повторяемостью $P = 30 - 40\%$ (1 раз в 2 – 3 года); IV - с ежегодным возникновением сильных ветров ($P > 40\%$).

4. Исследование ветра со скоростью ≥ 25 м/с показало, что одним из основных факторов, обуславливающих ветер 25 м/с, является орографическая особенность местности. В возвышенных регионах отмечается усиление ветровой деятельности, например, в Корнешть среднее число достигает максимума 1,3 дня в феврале и в апреле. На юге республики максимальное число - 1,1 дня (Леова) зафиксировано в январе, феврале и апреле. Здесь увеличение повторяемости очень сильных ветров связано с влиянием Черного моря.

5. Анализ временной динамики проявления ветра со скоростью ≥ 25 м/с в XX и в начале XXI веков показал, что наиболее активной ветровой деятельностью характеризуется период 1971-1980 гг. В 1991-2000 гг. отмечено снижение частоты стихийного ветра и эта тенденция прослеживается и в начале XXI века.

6. Результатом региональных исследований явилось районирование территории Республики Молдова по однотипному распределению ветра со скоростью ≥ 25 м/с. Выделены 3 основных района: I - с вероятностью проявления $P = 10 - 20\%$ (1 раз в 5-10 лет); II - $P = 20 - 30\%$ (1 раз в 4 года); III - $P = 30 - 40\%$ (1 раз в 3 года). В Кодровой зоне повторяемость увеличивается до 1 раза в 2 года ($P > 40\%$).

7. Ветер со скоростью ≥ 30 м/с в данной работе рассматривался как шквал, так как скорость ветра, превышающая показатели 33 м/с и соответствующая ураганам, в Республике Молдова является чрезвычайно редким явлением.

8. Исследование динамики шквалов в XX – XXI вв. показало, что наибольшее число дней с данным явлением приходится на десятилетие 1971-80 гг. С периода 1991-2000 гг. отмечено уменьшение их количества и очень редкая повторяемость в 2001-2010 гг. Внутригодовой анализ показал, что наибольшее число дней со шквалами приходится на июнь и июль. Максимальная проявляемость шквалов за исследуемый период отмечена в

центре республики в июле - 13 дней, на севере их число составляет 12 дней, на юге 10 дней в июне.

9. Проведенное районирование территории Республики Молдовы по степени проявления (вероятность P) шквалов позволило выделить наиболее уязвимые районы: I - $P < 10\%$, частота проявления составляет 1 раз в 8-10 лет; II - $P = 10 - 20\%$, частота проявления - 1 раз в 3-5 лет; III - $P = 20 - 40\%$, частота проявления-1 раз в 2 года. IV – $P > 40\%$; частота проявления - ежегодно.

10. Составлена хронология проявления смерчей на территории Республики Молдовы за период 1945-2012 гг. Наибольшая повторяемость отмечена в августе - 3 случая (1950, 1994, 2005гг.); по 2 случая зафиксировано в мае (1984, 2012 гг.), апреле (1976, 2012) и июле (1975, 2000 гг.); по 1 случаю приходится на июнь (1980 г.) и сентябрь (1998 г.).

Важная научная проблема, решенная в данной главе, состоит в том, что дана характеристика режиму сильных ветров, а так же представлено районирование территории республики по степени воздействия ветров со скоростью 15, 25, 30 м/с.

4. ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

4.1. Предпосылки и перспективы использования ветроэнергетических ресурсов в Республике Молдова. Исторический опыт говорит о широком использовании ветроэнергетических ресурсов в Республике Молдова. Так, по данным "Обзора Бессарабской губернии" в 1901 году на ее территории находилось 6208 ветряных мельниц, а именно в районах: Бэлць - 299, Кишинэу - 980, Тигина - 907, Сороки - 371, Орхей - 626, Аккерман - 1304, Измаил - 1393 [190]. Согласно данным Румынского экономического института, число работающих ветряных мельниц к 1921 году сократилось до 477 [14]. В 1923 году Генеральная Дирекция по Региональной Статистике опубликовала данные, касающиеся экономического потенциала сел Бессарабии с указанием территориального местоположения ветряных мельниц [13]. На их основе была составлена карта, согласно которой наибольшее количество ветряных мельниц приходилось на южные степные уезды Бессарабии, затем следовали уезды средней части - Бендерский, Кишиневский, Оргеевский и наименьшее их количество было в северных уездах, например, в Костешть - 23, в Лозова - 30, Конгаз - 30, Трушень - 23 [1]. Все мельницы в основном были деревянные с четырьмя лопастями, их средняя мощность составляла 3,5 кВт. Большинство из них функционировали вплоть до периода коллективизации (1948 г.). С 1950 года колхозы и совхозы стали приобретать заводские ветродвигатели и, к 1959 году их количество достигло 350 штук. Это были многолопастные цельнометаллические конструкции диаметром 5-8 м, укомплектованные поршневыми насосами. Использовались типовые ветродвигатели (ТВ-8 и ТВМ-8) в основном для механизации водоснабжения животноводческих ферм и приготовления кормов. В середине XX-го века исследования ветрового режима проводились такими видными молдавскими учеными, как Москалюк И.С. [180, 181], Романенко Н.Н. [211, 212] и были направлены на решение практических задач по внедрению и усовершенствованию ветроагрегатов.

С развитием электрификации сельского хозяйства ВЭУ стали терять свое прежнее значение для села. Будучи долгое время дешевой и субсидированной, традиционная энергия стала препятствием для ветроэнергетики. К концу XX века, со вступлением в период рыночных отношений и исчезновением коллективного хозяйства, количество ветровых агрегатов резко сократилось, и использовались они в основном только в частном секторе.

В момент установления независимости государства в 1991 году республика столкнулась с проблемами в энергетическом комплексе. Согласно общей оценке уровня

энергетической безопасности, энергетика Молдовы с 1998 года находится в зоне нестабильного кризиса. На современном этапе по ряду таких индикаторов, как импорт электроэнергии, производство электрической и тепловой энергии, износ энергетического оборудования и др. она перешла в состояние угрожающего кризиса [128]. Считается, что из всех стран СНГ Республика Молдова наиболее зависима от импортных энергетических ресурсов: 97% необходимой энергии импортируется из России, Украины, Румынии и лишь 3% покрывается за счет внутренних источников. По сравнению с Европейским Союзом интенсивность потребления энергии на душу населения в нашей республике в 3 раза больше, а расходы на энергоносители в 8 раз выше по отношению к ВВП. Из-за постоянного роста цен на энергоресурсы их затраты при производстве ВВП повышаются, что негативно отражается на экономике страны, на конкурентоспособности товаров и услуг на внутреннем и мировом рынках. Так, в стоимости молдавских товаров удельный вес энергоресурсов составляет от 10 до 12%, а в странах Евросоюза этот показатель - всего 2% [155]. В последнее время ситуация в республике осложнилась в связи с экономическим кризисом и постоянным значительным ростом цен на импортируемые виды топливных ресурсов, что обуславливает нестабильность энергоснабжения и представляет угрозу для энергетической безопасности. Отсутствие собственных ресурсов и высокая энергоемкость делают энергоэффективность и освоение возобновляемых источников энергии основным стратегическим приоритетом в Республике Молдова. Правительство Молдовы, начиная с 2000 года, уделяет особое внимание освоению и внедрению возобновляемых источников энергии в энергетический сектор, принимая ряд законов и постановлений:

- 1) Энергетическая стратегия Республики Молдова до 2010 г. Утверждена Постановлением Правительства РМ №360 от 11 апреля 2000 г. [24]. Разработана и принята в качестве основы для развития энергетической политики. Особое значение придается использованию местных энергетических ресурсов, включая ВИЭ.
- 2) Закон об энергосбережении №1136-XIV от 13 июля 2000 г. [15]. Затрагивает вопросы использования ВИЭ.
- 3) Общенациональная программа по энергосбережению на 2003-2010 гг. Утверждена Постановлением Правительства РМ №1078 от 5 сентября 2003 г. [184]. В части, относящейся к ВИЭ, предусматривает проведение ряда исследований с целью более точной оценки потенциала страны в том, что касается использования энергии, полученной с помощью ВИЭ.

На основе перечисленных документов в 2006 г. была разработана «Стратегия использования возобновляемых источников энергии в Республике Молдова до 2010 года и

на последующую перспективу». Стратегия определила государственную политику в области организации и проведения комплекса работ по использованию различных видов возобновляемых источников энергии и увеличению их доли в топливно-энергетическом балансе Республики Молдова с целью улучшения энергообеспечения потребителей и повышения энергетической безопасности страны. В Стратегии было намечено замещение традиционных видов топливных ресурсов за счет ВИЭ к 2010 году на 6%. Предполагалось, что это позволит снизить эмиссию парниковых газов на 338,4 тыс. тонн [18]. Согласно целям Стратегии, начался процесс создания необходимой правовой базы для продвижения энергоэффективности и ВИЭ [19, 100]:

1. Закон о возобновляемой энергии № 160-XVI от 12.07. 2007 г.
2. Энергетическая стратегия Республики Молдова до 2020 г. постановление Правительства РМ № 998 от 1.08.2007
3. Закон об энергоэффективности № 142 от 02.07. 2010 г.
4. Национальная программа энергоэффективности. Решение Правительства № 833 от 10.12.2011

В 2011 году Европейская Комиссия одобрила программу действий по энергоэффективности и активизации исследований относительно потенциала возобновляемой энергии в Молдове. Для поддержки развития сектора энергетики на проекты по возобновляемой энергии предусматривалось выделить республике 20 млн. евро.

В 2012 г. принята Энергетическая Стратегия Республики Молдова на долгосрочную перспективу 2012-2030 гг. и законом № 166 от 11.07.2012 утверждена Национальная Стратегия развития «Молдова 2020» [178]. В расходной части энергобаланса к 2015 г. планируется увеличить долю ВИЭ до 10%, к 2020 г. – до 20% и к 2030 г. – до 25%. В электроэнергетике доля ВИЭ должна составить 10% в 2020 г., а в 2030 – 15%.

В 2013 г. Агентством по энергоэффективности разработан Национальный План действий в области энергоэффективности на 2013-2015 гг. (закон № 113 от 7.02.2013) в соответствии с положениями Закона № 117 от 23.12.2009 о присоединении Республики Молдова к Договору о создании Энергетического Сообщества и принятыми обязательствами, как члена Договора об Энергетическом Сообществе (май 2010 г.), с учетом рекомендаций Европейской комиссии в отношении руководства и разработки Второго Национального плана [185].

Для достижения поставленных стратегических целей в 2013 г. вышло постановление Энергетической стратегии Республики Молдова до 2030 г. [203], где указано, что

Правительство намерено сосредоточить свои усилия на: процессе реформирования энергетического сектора, в том числе за счет принятия нового законодательства в сфере энергетики, согласованного с требованиями ЕС; внедрении мер продвижения энергетической эффективности; привлечении инвестиций в данный сектор; укреплении институционального потенциала в данной области. Особое внимание будет уделяться оптимизации энергетического баланса, диверсификации энергоресурсов, а также использованию новых способов получения энергии с помощью возобновляемых источников энергии. Стратегическое видение будет реализовано на основе принципов конкуренции и свободных энергетических рынков. Таким образом, активная политика в области энергетики и эффективная, хорошо развитая законодательно-нормативная база будут способствовать изменению парадигмы экономического развития.

Согласно оценке Европейского Банка по Реконструкции и Развитию (ЕБРР, 2010), общий технический потенциал возобновляемых источников в Молдове составляет 3650 тыс. т в нефтяном эквиваленте, что в 1,3 раза превышает годовое потребление энергии в республике. На сегодняшний момент доля энергии, получаемой из возобновляемых источников в основном за счет гидроэнергии и биомассы, составляет лишь 5–6%, а энергия солнца и ветра используется в недостаточной степени. Общий доступный потенциал основных видов ВИЭ представлен в таблице 4.1 [18, с.7; 178, с.54].

Таблица 4.1. Располагаемый технический потенциал основных типов возобновляемых источников энергии на территории Республики Молдова

№	Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)	Технический потенциал	
		ПДж (PJ)	млн. тонн нефтяного эквивалента (млн. т.у.т)
1.	Солнечная энергия	50,4	1,2 (1,8)
2.	Ветровая энергия	29,4	0,7 (1,0)
3.	Биомасса, всего	21,5	0,5 (0,7)
	в том числе:		
	Сельскохозяйственные отходы;	7,5	0,18 (0,26)
	Дрова;	4,3	0,10 (0,15)
	Отходы деревообработки, выжимки плодов;	4,7	0,11 (0,16)
	Биогаз;	2,9	0,07 (0,1)
	Биотопливо.	2,1	0,05 (0,072)
4.	Гидроэнергия.	12,1	0,3 (0,5)

5.	Общий потенциал ВИЭ.	113,4	2,7 (4,0)
6.	Источники низкопотенциальной тепловой энергии, в том числе геотермальные	74,15 > 80,0	1,77 (2,53) > 1,9

Как видно из приведенных данных, ветровая энергия находится на втором месте после солнечной, ее потенциал оценивается в 29,4 PJ, или в 1 млн. тонн условного топлива.

Использование ветровой энергии в настоящее время в республике носит локальный характер и основано главным образом на частной инициативе ряда физических лиц и организаций. В 2004 году на основе инициативной группы была создана неправительственная организация «Ассоциация энергии ветра Молдовы». Основным регионом деятельности Ассоциации является юг страны. Председатель Ассоциации Константинов Н.С. сконструировал и установил в своем доме солнечно - ветровую «электростанцию» и биогазовую установку, которые круглый год снабжают его электричеством и газом. В 2006 году на территории виноградарской бригады индивидуального предприятия «Новак» (муниципия Комрат) был организован испытательный полигон, где прошли апробацию роторные и пропеллерные ветроэлектростанции среднего технологического уровня, разработанные и изготовленные силами ассоциации. В настоящее время на юге республики эксплуатируются около 20-ти ветровых и солнечных электростанций, которые обеспечивают здания, удаленные от электролиний необходимым минимумом электроэнергии (освещение помещения на охраняемой территории, работа средств связи и электронно-бытовой техники). В Комрате установлен демонстрационный комплекс солнечно-ветровых установок, включенный в «Каталог инноваций в энергетике». Целенаправленная работа по продвижению и использованию возобновляемых источников энергии привели к тому, что с 1 января 2008 года «Ассоциация энергии ветра Молдовы» вошла в состав Мировой Ассоциации Энергии Ветра [177].

Научные исследования параметров ветра и его энергетического потенциала на территории Республики Молдова было поручено провести в ряде научных подразделений Академии Наук в Институте Энергетики, в Институте Экологии и Географии, а также в Техническом Университете Молдовы. В течение ряда лет в Центре "Энергия Плюс", созданном на базе Технического университета под руководством академика И. Собор, проводились измерения скорости ветра на высоте 40-50 метров в центральном и южном регионах республики. По экспериментальным данным были определены зоны

максимальных среднегодовых ветров (≥ 7 м/с), в которых можно устанавливать современные мощные ветроэлектростанции, работающие параллельно с другими генерирующими мощностями большой энергетики. За последние 5 лет проведено исследование ветровых агрегатов мощностью до 5 кВт, предназначенных для потребителей, не подключенных к электросетям общего пользования, а 1 апреля 2009 г. были начаты испытания ветряной станции на 10 кВт, которая может работать при скорости ветра 3 м/сек [20]. Автономные установки были разработаны преподавателями Технического Университета совместно с учеными Института Энергетики и протестированы во всех зонах страны. По этой теме изданы 2 монографии: «Системы конверсии возобновляемой энергии: ветряной, солнечной и водной» и «Антология изобретений: системы конверсии возобновляемой энергии». По поводу экономического обоснования подобного рода проектов завкафедрой теории механизмов и деталей машин Технического Университета Молдовы Валериу Дулгеру отмечает, что "производимая нами ветряная турбина мощностью 10 кВт/ч стоит 20 тыс. евро, а аналогичная английская - 53 тыс. евро" [260].

В Институте Энергетики по разработкам Технического университета уже налажено производство 3-киловаттных ветрогенераторов, один из которых введен под промышленную нагрузку на территории технопарка "Академика". Несмотря на переменную скорость ветра, параметры на выходе стабильные. Такие установки, по мнению директора института энергетики АН РМ академика Виталия Постолати, должны пользоваться большим спросом в сельской местности [258].

В Институте Экологии и Географии (лаборатория Климатологии) проводилось выполнение научно исследовательских работ в области создания информационной базы по ветроэнергетическому потенциалу и издан ряд научных статей по данному вопросу [8, 9, 11, 33, 174].

Согласно данным Министерства экономики, в 2013 году поступили четыре проекта инвестиций в производство ветровой энергии на территории Республики Молдова. По словам Министра Валерия Лазэра, желающих инвестировать в производство ветровой энергии в Молдове гораздо больше, чем республика может себе это позволить, поэтому отбор инвестпроектов и компаний будет осуществляться на базе конкурса. Главным критерием при отборе будет предлагаемый для потребителей тариф. Валерий Лазэр подчеркнул, что власти Молдовы планируют внести поправки в закон об электрической энергии, а Национальное агентство по регламентированию в энергетике (НАРЭ) утвердит

льготные, так называемые «зеленые тарифы» Feed-in для производства электроэнергии из возобновляемых источников – на основе ветра, солнца, биомассы и т.д. После этого будут созданы все предпосылки для выдачи первых разрешений на запуск проектов по производству электричества из возобновляемых источников энергию [237].

Учитывая ситуацию, сложившуюся в Молдове в области энергетики и опираясь на отечественный и зарубежный опыт, подтверждающий техническую и экономическую целесообразность использования ветроэнергетических установок для производства электроэнергии, их применение следует считать одним из перспективных направлений решения проблемы электроснабжения в республике. Комбинация ВЭУ с уже имеющимися источниками электроэнергии позволит существенно сэкономить органическое топливо примерно на 1/3. Это требует целенаправленных практических исследований ветрового потенциала и его реализации на территории Республики Молдова.

4.2. Климатологическая оценка ветроэнергетических ресурсов.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что климатологическая информация еще в недостаточной степени привлечена к реализации оценки ветрового потенциала и до сих пор в республике нет ни ветрового кадастра, ни атласа ветров. В предлагаемой работе впервые в практике исследований на основе объемного информационного банка региональных метеорологических данных сделана попытка обобщить климатические характеристики ветроэнергоресурсов на территории Молдовы и представить результаты по всему комплексу характеристик и расчетных показателей ветрового режима, определяемых с помощью статистических моделей и функций распределения вероятностей в картографическом виде. Без этих исследований вопрос и дискуссии о том, может ли ветер быть приемлемым альтернативным источником энергии на территории нашей республики, являются необоснованными.

При выполнении задач были учтены аналогичные разработки по расчету ветроэнергетических ресурсов, сделанные для других республик и областей, включая и зарубежные территории [28, 39, 54, 55, 92, 103, 130, 171, 209, 256, 266], а также для Республики Молдова [1, 4, 5, 21, 25, 26, 181].

Для оценки ветроэнергетического потенциала с целью его возможного вклада в энергосбережение, необходимо иметь пространственно-временные характеристики режима ветра на исследуемой территории. Для территории Республики Молдова ветроэнергетический потенциал определялся согласно следующему алгоритму:



Рис. 4.1. Алгоритм определения ветроэнергетического потенциала

По данным 14 метеостанций Государственной Гидрометеорологической Службы за период 1981-2010 гг. были произведены расчеты основных статистических характеристик многолетнего режима ветра на территории Республики Молдова (табл. 4.2.).

Таблица 4.2. Статистические характеристики параметров ветра за 1981-2010 гг.

№	Станции	$V_{\text{ср}}$	$V_{\text{макс}}$	$V_{\text{мин}}$	C_v	σ	A
1.	Бричень	2,2	3,0	1,6	11,9	0,26	0,95
2.	Сорока	3,1	4,0	1,7	18,1	0,56	-0,64
3.	Каменка	2,7	3,5	2,0	12,6	0,34	-0,1
4.	Бэлць	2,8	3,4	2,0	15,2	0,43	-1,86
5.	Фэлешть	2,2	2,7	1,9	10,4	0,22	1,8
6.	Бравича	1,5	2,2	1,1	17,7	0,27	1,58
7.	Дубэсарь	1,9	2,5	1,5	11,9	0,22	1,10
8.	Корнешть	2,6	3,1	2,0	9,0	0,24	-1,05
9.	Кишинэу	2,4	3,1	1,8	16,0	0,38	0,67
10.	Тираспол	2,6	3,5	1,6	24,4	0,62	-0,64
11.	Леова	3,0	4,2	2,0	23,8	0,71	0,60
12.	Штефан-Водэ	2,6	3,3	2,1	14,2	0,37	1,06
13.	Комрат	2,7	3,4	1,7	15,8	0,42	-0,94
14.	Кахул	3,7	4,2	3,2	5,5	0,20	-0,43

Примечание: $V_{\text{ср}}$ – среднегодовая скорость ветра (м/с); $V_{\text{макс}}$ – максимальная скорость ветра (м/с); $V_{\text{мин}}$ – минимальная скорость ветра (м/с); C_v – коэффициент вариации; σ – стандартное отклонение; A – коэффициент асимметрии.

Сравнительный анализ характеристик ветра на метеостанциях показал, что за исследуемый период вариабельность среднегодовых значений скорости ветра составляет от 1,5 до 3,7 м/с, среднее значение по республике 2,6 м/с. Средние максимальные значения скорости ветра не превышают 4,2 м/с, минимальные значения меняются в пределах 1,1-3,2 м/с.

Стандартное отклонение σ является показателем рассеяния значений средней скорости ветра относительно средней многолетней и составляет 0,20-0,71 м/с. Распределение среднеквадратического отклонения σ позволяет дать оценку общей изменчивости средней скорости ветра (рис. 4.2 а). Коэффициент вариации C_v , характеризующий временную изменчивость скорости ветра относительно средней, не очень большой и меняется по территории от 5,5% до 24,4% (рис. 4.2 б). Согласно литературным источникам, если значение $C_v \leq 30\%$, то условия для размещения ВЭУ считаются весьма благоприятными.

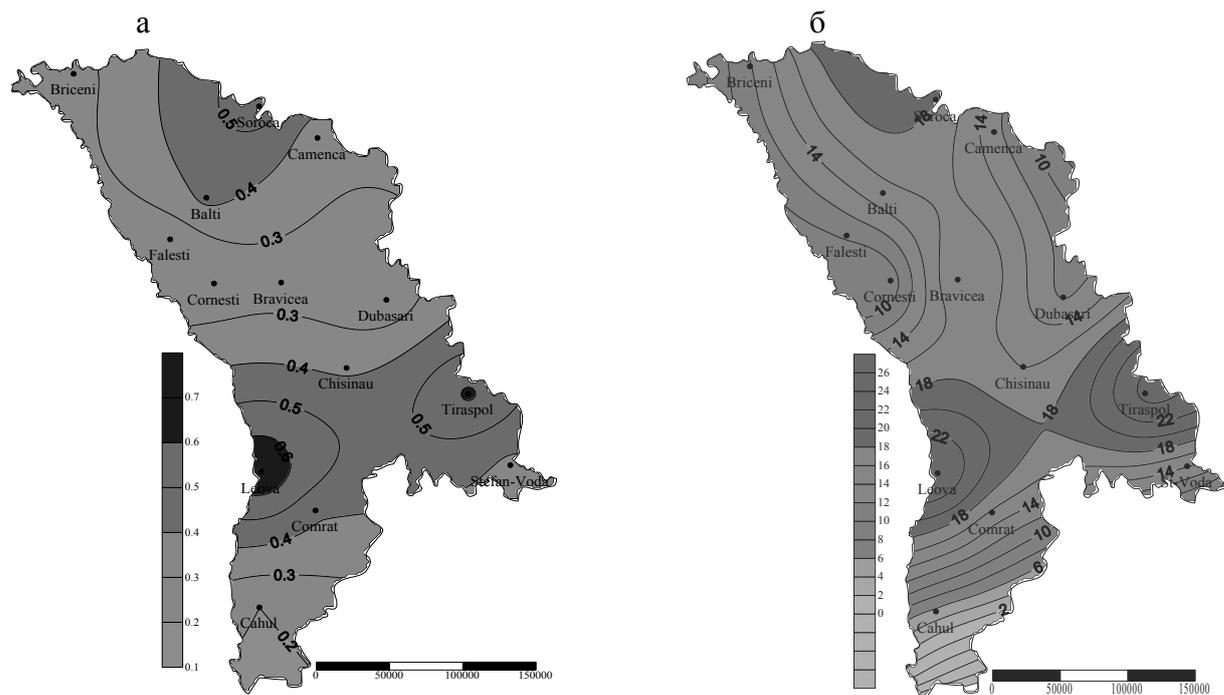


Рис. 4.2. Распределение среднестатистических параметров ветра а) стандартное отклонение (σ); б) коэффициент вариации (C_v) за период 1981-2010 гг.

Очевидно, что географическое распределение среднеквадратического отклонения σ по территории Молдовы сходно с распределением средней скорости. Наибольшие значения параметра масштаба имеют место на возвышенных местах, побережьях водоемов и степных пространствах. Полученные статистические характеристики соответствуют фактическим данным.

Показатели средней скорости ветра по данным метеостанций за длительный период времени служат исходной характеристикой общего уровня интенсивности ветра. Следует иметь в виду, что скорость ветра на метеостанциях варьирует в зависимости от рельефа местности, шероховатости поверхности, наличия затеняющих элементов и высоты ветроизмерительного прибора. Согласно мнению многих исследователей, для характеристики ветрового режима в заданном районе совершенно недостаточно, с энергетической точки зрения, использовать лишь значения среднегодовых скоростей ветра, не уточняя при этом, к каким ландшафтным условиям и к какой высоте над поверхностью земли они относятся. Поэтому, для сопоставления средних скоростей ветра, их необходимо приводить к сравнимым условиям. Представляется целесообразным за сравнимые условия принять условия открытой ровной местности и высоту 10 м от поверхности земли [46, 88, 134, 266].

В представленной работе, с целью получения репрезентативных данных, было осуществлено приведение фактических средних годовых скоростей ветра к фоновой скорости ветра V_{ϕ} . Фоновая скорость – это показатели среднегодовой скорости ветра по многолетнему ряду данных метеостанций, приведенные расчетным путем к условиям открытой ровной местности в приземном слое на высоте 10 м от поверхности земли по формуле:

$$V_{\phi} = K_o * K_h * V_{\text{ср.год}} \quad (4.1),$$

где $K_o = K_m * K_p$ – коэффициент, характеризующий защищенность метеостанции, определяемый путем умножения коэффициента открытости K_m на коэффициент, учитывающий рельеф местности K_p . Коэффициенты K_m и K_p определялись по таблицам в соответствии с современным положением метеостанций, установленным по данным Государственной Гидрометеорологической Службы Республики Молдова [61, 64, 165, 173]; $K_h = (h / h_{\phi})^{\alpha}$ – коэффициент приведения к высоте $h = 10$ м, h_{ϕ} – высота флюгера, α – показатель степени для открытой местности равный 1/7 [150; 229, с.170-200]; $V_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая скорость ветра, измеренная на метеостанции.

Полученные натуральные показатели скорости ветра были приведены к безразмерному виду и выражены в баллах согласно формуле:

$$B = 10 * (x - a / b - a) \quad (4.2),$$

где x – среднее значение характеристики (м/с); a – минимальная скорость ветра; b – максимальная скорость ветра в ряду исходных данных [229, с.23].

По результатам проведенных расчетов была составлена карта распределения фоновых среднегодовых скоростей ветра и выделены его климатические ресурсы на территории Республики Молдова в виде баллов (рис. 4.3). Как видно, на значительной части территории республики ресурсы ветра соответствуют 20 - 30-ти баллам с фоновой скоростью от 3,5 до 4,9 м/с. Выделяются крайние северные и южные районы по максимальным 40 - 50 баллам. Здесь фоновая скорость составляет от 5 м/с и выше.

По представленным картографическим материалам можно констатировать, что на территории Республики Молдова преобладают относительно слабые континентальные ветры, но поскольку на современном этапе проект электроснабжения автономного объекта от ВЭУ технически возможен при среднегодовой скорости 2 - 2,5 м/с, то в целом ветропотенциал можно определить как удовлетворительный.

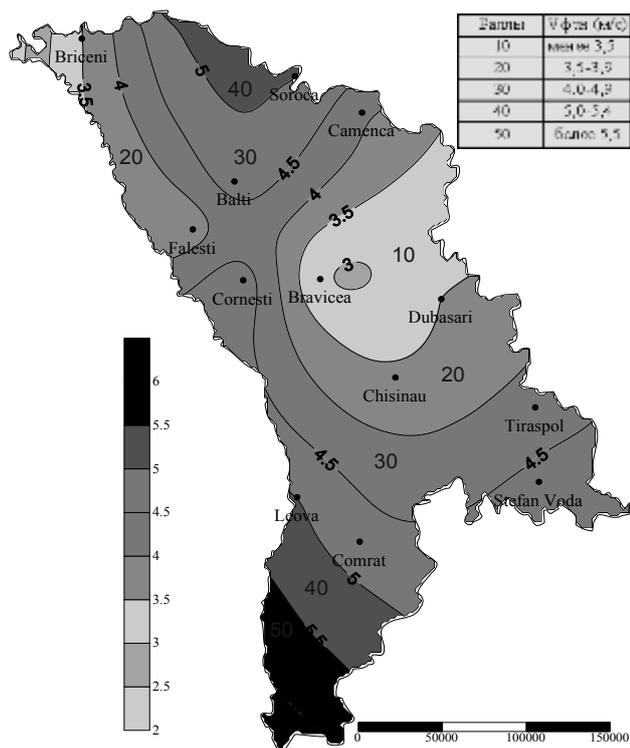


Рис. 4.3. Распределение фоновой среднегодовой скорости ветра на территории Республики Молдова

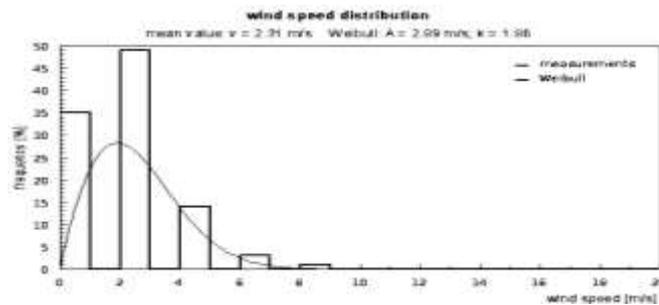
Практическое значение фоновых карт состоит в том, что они наглядно показывают зональное распределение ветра на открытой ровной местности и обеспечивают возможность оценки ветроэнергетических ресурсов на первой стадии прогнозных расчетов. Для определения скорости ветра в различных орографических условиях, например, на возвышенностях или на разных частях склонов, в снятые с карт фоновые значения скорости нужно ввести поправки, учитывающие влияние форм рельефа.

Наряду со средней скоростью важным энергетическим показателем, связанным с временной оценкой работы ветроустановки, является частота повторяемости различных значений скоростей ветра. Климатологическая обработка распределения скоростей ветра по градациям проводилась по данным 11 метеостанций Государственной Гидрометеорологической Службы РМ за период 2001-2010 гг. Выбранный период лет характеризуется однородностью, связанной с измерением скорости ветра в одни сроки наблюдений только анеморумбометрами типа М-63М.

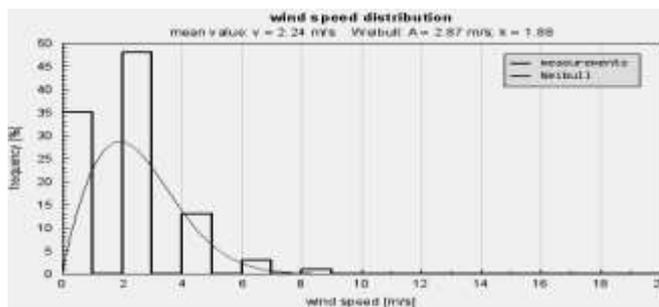
Для определения дифференциальной повторяемости градуированных скоростей ветра использовалось распределение Вейбулла $f(V)$, которое в последние 25 лет широко применяется во всем мире [35, 54, 63, 202, 255] и является одним из важнейших в теории надежности. Основным методом оценки параметров данного распределения – метод

максимального правдоподобия. Расчеты параметров Вейбулла (k) - параметра формы распределения скорости ветра и (A) - параметра масштаба (рис. 4.4) были произведены с помощью автоматизированных программ для целей их использования в ветроэнергетике, представленных на специальном сайте «The Swiss Wind Power Data Website» [236].

Бричень



Кишинэу



Кахул

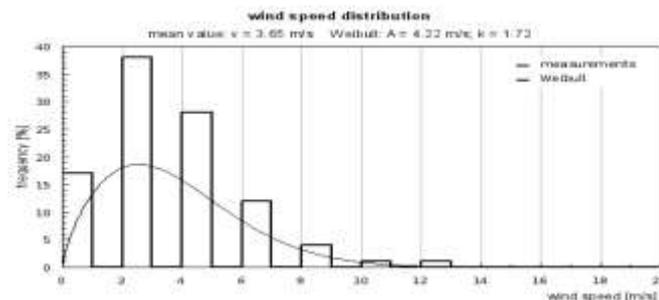


Рис. 4.4. Статистика повторяемости среднегодовой скорости ветра по градациям

Распределение параметров Вейбулла на территории Республики Молдова представлено в картографическом виде на рис. 4.5 посредством пространственных сочетаний: распределение параметра масштаба A отражено способом количественного фона; параметр формы k – способом изолиний.

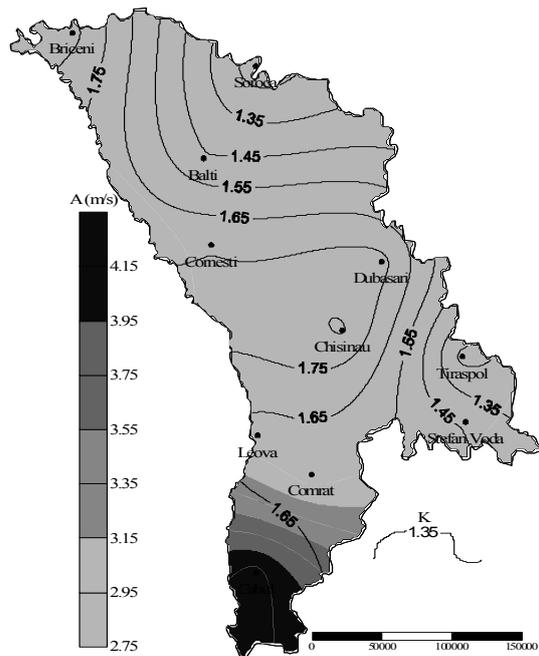


Рис. 4.5. Распределение среднегодовых значений параметров Вейбулла (k), (A).

Очевидно, что географическое распределение параметра A сходно с распределением средней скорости ветра на территории Республики Молдова ($V_{ср} \approx (1,0:0,9)A$). Параметр k характеризует разброс скоростей относительно средней скорости, как правило, он находится в интервале $1 \leq k \leq 2$. Чем выше значение k, тем более ровный ход скорости ветра на данной территории. Низкие значения коэффициента формы указывают на наличие значительного количества штилей.

Проведенный анализ полученных статистических данных показал, что на территории республики в течение года преобладают слабые ветры 2-3 м/с (рис. 4.6).

Зимой и весной число затишья (0-1 м/с) не превышает 31%, а ветры со скоростью 2-3 м/с составляют 40-41%. В это же время отмечается самый высокий процент приемлемых в ветроэнергетике скоростей ветра 4-5 м/с – 19% и 6-7 м/с – 7%.

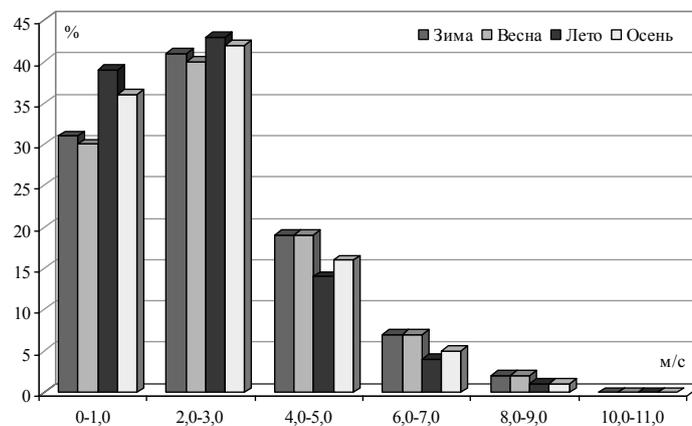


Рис. 4.6. Годовое распределение (%) различных скоростей ветра

Летом наблюдается максимальное число безветрия (39%) и слабых ветров (43%), а также минимальный процент ветров со скоростью 4 - 5 м/с (14%) и 4% со скоростью 6 - 7 м/с. Осенью, по сравнению с летом, количество ветров со скоростью более 3 м/с немного увеличивается до 16%, число безветрия находится в пределах 36% и число малых скоростей 2 - 3 м/с составляет 42%.

В территориальном отношении на севере республики повторяемость скорости ветра 2 - 3 м/с составляет от 35 - 48%, в центре до 40 - 50% и на юге – 38 - 42%. Скорость ветра 4 - 5 м/с отмечена на севере республики в пределах 13 - 18%, в центральном и в южном регионах – 13 - 22% и 15 - 28% соответственно. Скорость ветра 6 - 7 м/с в процентном отношении варьирует от 3 - 7% на севере, 3 - 9% - в центре и до 5 - 12% на юге. Незначительную долю 1 - 4% представляют градации 8 - 9 м/с на всей территории республики, а скорости 10 - 11 м/с и 12 - 13 м/с – 1% отмечены только в центре и на юге.

Одним из важнейших ветровых параметров, используемых для ветроэнергетики, является частота повторяемости отдельных значений скоростей ветра в часах (Табл. 4.3).

Таблица 4.3. Продолжительность среднегодовых скоростей ветра по градациям (в часах) за 2001-2010 гг.

Метеостанции	Градации скорости ветра					
	0-1 м/с	2-3 м/с	4-5 м/с	6-7 м/с	8-9 м/с	10-11 м/с
Бричень	3066	4205	1139	263	88	0
Сорока	3329	3066	1402	613	263	0
Бэлць	3416	3066	1577	526	175	0
Дубэсарь	3592	3679	1139	263	88	0
Кишинэу	3066	4292	1226	263	88	0
Корнешть	2628	4380	1402	350	88	0
Тираспол	2190	3504	1927	788	263	88
Леова	3592	3329	1314	438	88	0
Кахул	1489	3329	2453	1051	350	88
Комрат	3416	3416	1314	438	88	0
Шт-Водэ	2978	3679	1314	438	263	0

В ходе исследования были определены количество часов рабочих скоростей ветра, при которых ветроагрегат начинает действовать и вырабатывать электроэнергию (2 - 10 м/с), а также количество часов безветрия 0 - 1 м/с (простои), рассчитанные для сезонов года и в целом за период 2001-2010 гг.

Результаты представлены в виде карт, на которых действие энергоактивных ветров (2 - 10 м/с) отражено качественным фоном, безветрие – изолиниями (рис. 4.7).

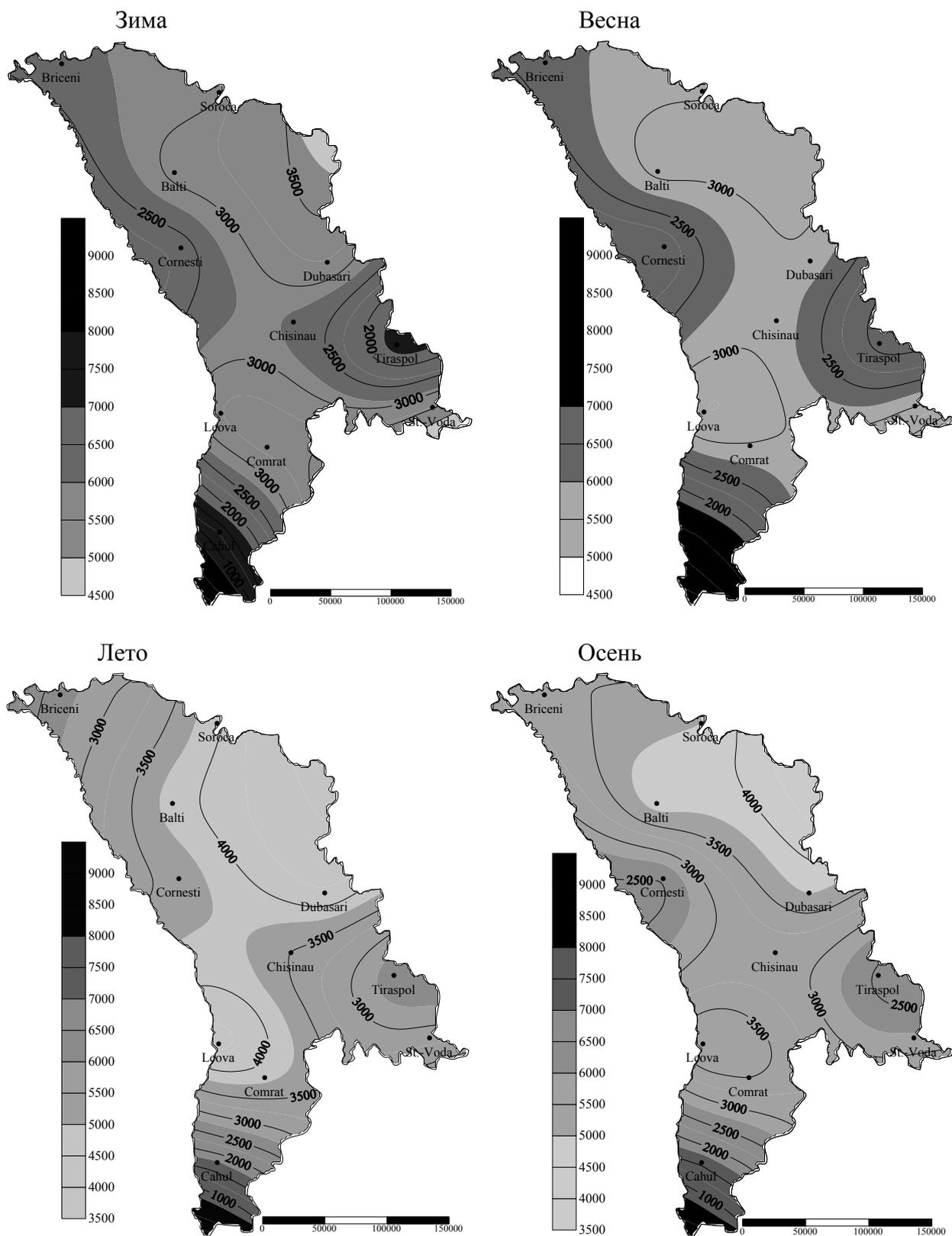


Рис. 4.7. Продолжительность (часы) энергоактивных ветров и безветрия за 2001-2010 гг.

В соответствии с полученными результатами, в течение года наибольшая продолжительность действия рабочих скоростей ветра отмечена в зимний и весенний периоды. В территориальном отношении можно выделить центральную часть республики

по максимальному количеству часов со скоростью ветра 2-10 м/с, где зимой они составляют 6263 и 6198 часов весной. Здесь наблюдается и наименьшее число простоев - 2497 часов зимой и 2562 часа весной. На севере республики в зимне-весенний период отмечается одинаковое количество рабочих и нерабочих скоростей ветра – 5869 и 2891 часов соответственно. В южном регионе республики действие производительной скорости ветра имеет максимальную продолжительность весной - 6044 часов (зимой - 5979) и минимальное количество простоев - 2716 часов (зимой - 2781). Летний период характеризуется снижением продолжительности рабочих скоростей: на севере до 5285 часов, в центре до 5278, на юге до 5497 часов и увеличением простоев от 3263 до 3482 часов. В осенний период продолжительность скорости ветра 2 - 10 м/с варьирует от 5081 часа на севере, до 5782 в центре и до 5869 часов на юге. По сравнению с летом, осенью наблюдается уменьшение часов безветрия в центре и на юге 2978 и 2891 соответственно, а на севере их число увеличивается до 3679 часов. Данные проведенного исследования являются основой для энергетических расчетов и оценки производительности ветроустановок на территории Республики Молдова.

Известно, что с высотой воздушный поток становится более устойчивым и скорость ветра возрастает по логарифмическому закону [135, 153, 257]. В связи с этим, рассмотрев основные характеристики ветра на высоте ветроизмерительных приборов, дальнейшей целью климатического обеспечения задач ветроэнергетики было определение вертикального профиля ветра, используя принятые международные стандарты [42, 53, 57, 65, 71, 82].

С помощью автоматизированной программы «Wind profile calculator», размещенной на вышеупомянутом сайте «The Swiss Wind Power Data Website», был произведен расчет скоростей ветра на высотах до 150 м. Влияние высоты на скорость ветра моделировалось с помощью логарифмического закона, при этом на каждой метеостанции учитывались высота установки ветроизмерительного прибора и коэффициент шероховатости поверхности. Результаты расчетов представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4. Изменение скорости ветра по высоте на территории Республики Молдова.

№	Метеостанции	Высота, м					
		10	30	60	90	120	150
1.	Бричень	2,2	2,7	3,0	3,2	3,4	3,5
2.	Сорока	3,1	3,8	4,3	4,6	4,8	4,9
3.	Каменка	2,5	3,2	3,7	4,0	4,1	4,3
4.	Бэлць	2,8	3,5	4,0	4,3	4,5	4,7
5.	Фэлешть	2,1	2,6	3,0	3,2	3,4	3,5
6.	Бравича	1,4	1,9	2,2	2,4	2,5	2,6

7.	Дубэсарь	1,9	2,5	2,9	3,2	3,3	3,5
8.	Корнешть	2,6	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
9.	Кишинэу	2,3	3,0	3,4	3,6	3,8	3,9
10.	Тираспол	2,5	3,2	3,7	3,9	4,1	4,3
11.	Леова	3,0	3,8	4,3	4,6	4,9	5,0
12.	Штефан-Водэ	2,6	3,5	4,1	4,4	4,6	4,8
13.	Комрат	2,7	3,6	4,1	4,5	4,7	4,9
14.	Кахул	3,7	4,6	5,1	5,5	5,7	5,9

Оценка полученных данных показала, что по сравнению со скоростью ветра на высоте 10 м, увеличение скорости с высотой происходит в среднем: на высоте 30 м на 0,7 м/с; 60 м - на 1,1 м/с; 90 м - на 1,4 м/с; 120 м - на 1,6 м/с; 150 м - на 1,8 м/с. Однако следует заметить, что истинные значения скорости ветра существенно зависят от локальных географических условий, и представленные расчеты требуют подтверждения путем организации прямых измерений скорости ветра в предполагаемом месте эксплуатации ветроустановок.

Климатический потенциал ветровых ресурсов на конкретной территории характеризуется распределением энергии ветра. Для определения ресурсного потенциала ветра на разных высотах по каждой метеостанции была рассчитана кинетическая энергия ветра E , приводящая ветродвигатель в рабочее состояние. Мощность ветра от его скорости имеет третьестепенную зависимость. Очевидно, что энергия на высоте 150 м увеличивается в 5 раз по сравнению с 10 м (рис. 4.8).

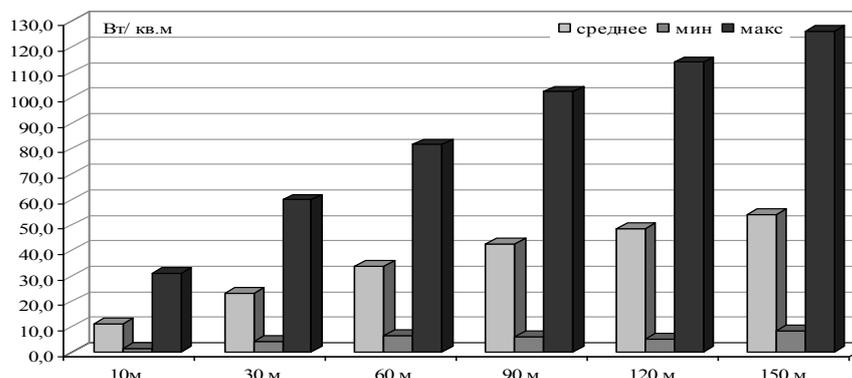


Рис. 4.8. Распределение средних значений кинетической энергии ветра по высоте

С целью определения перспективных районов для использования ветроэнергетического потенциала и экономически выгодного размещения ВЭУ на территории Республики Молдова были построены карты распределения энергии ветра на высотах 10-150 м (рис. 4.9). Проводя последовательный анализ географического распределения энергии ветра над территорией Республики Молдова, можно легко определить регионы со сравнительно высокими или, наоборот, низкими значениями

ресурсов ветра. Сопоставляя полученные данные с картой фоновых скоростей ветра, можно констатировать, что в тех районах, где скорость ветра определена на уровне 3,5 м/с (Бравичи, Дубэсарь, Бричень) а энергия, начиная с высоты 30 м варьирует от 5 до 20 Вт/м², потенциал здесь самый низкий.

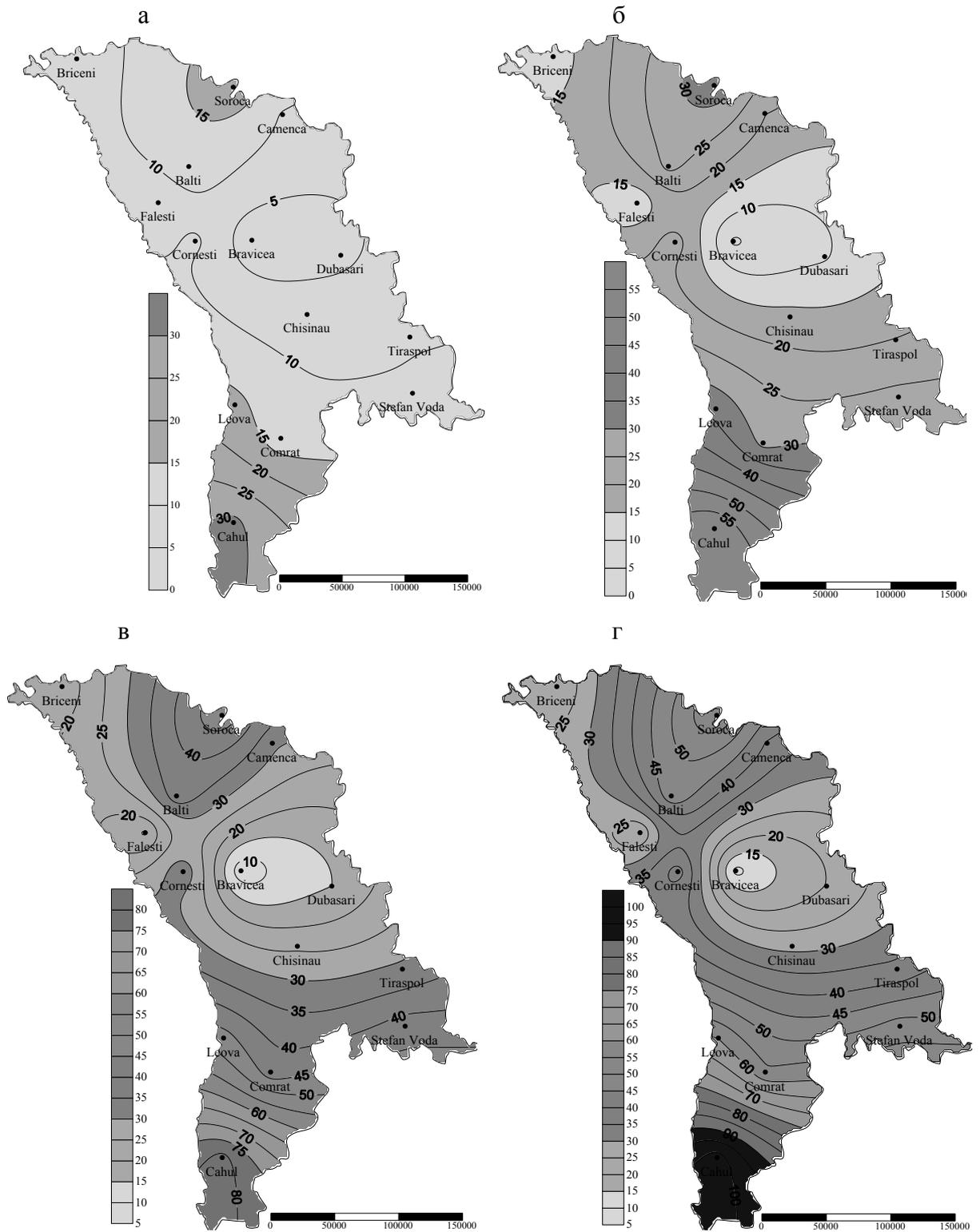


Рис. 4.9. Распределение энергии ветра на высоте: а) 10 м; б) 30 м; в) 60 м; г) 90 м

На большей части территории республики, где энергия определяется показателями от 20-60 Вт/м² а скорость 4-4,5 м/с ветровой потенциал можно считать средним. Самыми эффективными с энергетической точки зрения считаются юг и крайний северо-восток республики, где скорость ветра 5-5,5 м/с и энергия варьирует в пределах 60-120 Вт/м². Данная оценка может быть применена при возведении ветроэнергетических установок разной мощности.

Производство электроэнергии на базе ветра четко разделено на 2 основных направления: маломощные установки для индивидуального использования и электроснабжения автономных объектов и крупные сетевые ВЭУ. Ось ветродвигателя у типовых малых установок расположена на высоте от поверхности земли 10-15 м, у больших ВЭУ - свыше 50 м. В 90-х годах 20-го века высота ВЭУ ограничивалась 50 м, а к концу века достигла 60-70 м при мощности турбин от 800 кВт до 1 МВт. По мере решения технических проблем, продолжается рост единичной мощности ВЭУ. В разных регионах мира активно ведется строительство крупных ветропарков. Сейчас в ветровой индустрии прослеживается тенденция увеличения высоты и мощности ветрогенераторов. За последние 20 лет их высота возросла с 40 до 90 м, а единичная мощность достигла 2,5 МВт. Есть основание предполагать, что к середине 21-го века будут использоваться ветрогенераторы с высотой башни 100 м и более, мощностью от 4 до 8 МВт [69, 188].

Рассмотрев основные климатические параметры ветрового потенциала на территории Республики Молдова, можно сделать вывод, что ветровая энергия может служить дополнительным источником для энергообеспечения в республике. Имеются все данные для установки ВЭУ малой и средней мощности, т.к. определенная повторяемость рабочих скоростей ветра, необходимых для их эффективной работы находится в пределах 45%. При современном уровне развития ветроэнергетических установок, если увеличить высоту их установки до 100 м, используя подходящие естественные или искусственные возвышенности, то применение ветроагрегатов будет эффективным практически на всей территории республики.

4.3. Выводы к четвертой главе.

1. На основе анализа расчетов специализированных климатических величин и представленным картографическим материалам можно констатировать, что в Республике Молдова преобладают относительно слабые континентальные ветры, но поскольку на современном этапе проект электроснабжения автономного объекта от ВЭУ технически возможен при среднегодовой скорости 2 - 2,5 м/с, то в целом ветропотенциал можно определить как удовлетворительный.

2. Оценка распределения скоростей ветра по градациям показала, что в течение года в республике преобладают ветры со скоростью 2 - 3 м/с. В зимне-весенний период отмечен самый высокий процент (19%) приемлемых в ветроэнергетике скоростей ветра 4 - 5 м/с – и 6 - 7 м/с – 7%. Летом наблюдается максимальное число безветрия (39%) и слабых ветров (43%), а также минимальный процент ветров со скоростью 4 - 7 м/с. Осенью число малых скоростей 2 - 3 м/с составляет 42% и количество ветров со скоростью более 3 м/с немного увеличивается до 16%.

3. В территориальном отношении повторяемость скорости ветра 2 - 3 м/с составляет: на севере республики от 35 - 48%, в центре до 40 - 50% и на юге – 38 - 42%. Скорость ветра 4 - 5 м/с отмечена на севере республики в пределах 13 - 18%, в центральном и в южном регионах – 13 - 22% и 15 - 28% соответственно. Скорость ветра 6 - 7 м/с в процентном отношении варьирует от 3 - 7% на севере, 3 - 9% - в центре и до 5 - 12% на юге. Незначительную долю 1 - 4% представляют градации 8 - 9 м/с на всей территории республики, а скорости 10 - 11 м/с и 12 - 13 м/с – 1% отмечены только в центре и на юге.

4. Определены и представлены в виде карт количество часов рабочих скоростей ветра, при которых ветроагрегат начинает действовать и вырабатывать электроэнергию (2 - 10 м/с), а также количество часов безветрия 0 - 1 м/с (простой), рассчитанные для сезонов года и в целом за период 2001-2010 гг. Данные проведенного исследования являются основой для энергетических расчетов и оценки производительности ветроустановок на территории Республики Молдова.

5. Было выявлено по определенному вертикальному профилю ветра, вычисленному по каждой метеостанции для высот от 30 до 150 м, что увеличение скорости ветра, по сравнению с 10 м, происходит в среднем: на высоте 30 м на 0,7 м/с; 60 м – на 1,1 м/с; 90 м – на 1,4 м/с; 120 м – на 1,6 м/с; 150 м – на 1,8 м/с.

6. Рассчитанная кинетическая энергия ветра E и карты, показывающие ее распределение на высотах 10 - 150 м, позволяют определить перспективные районы для использования ветроэнергетического потенциала и экономически выгодного размещения ВЭУ на территории Республики Молдова.

Важная научная проблема, решенная в данной главе, заключалась в представлении климатологического обоснования для использования ветра в качестве энергетического источника на основе оценки пространственно-временных особенностей ветрового режима.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

ВЫВОДЫ

В соответствии с целью и задачами, результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Выявлен двойной годовой ход скорости ветра: усиление до максимальных значений в зимне-весенний период (январь – апрель 2,8 - 4,5 м/с) и снижение до минимальных показателей в летне-осенний период (август – сентябрь 2,3 - 2,0 м/с).
2. Отмечена тенденция уменьшения средней скорости ветра во второй половине XX века, что наблюдается и в современный период времени (на севере республики на 0,4 м/с от 2,7 - 3,3 м/с до 2,1 - 2,8 м/с; в центре – на 0,6 м/с от 2,1 - 3,2 м/с до 1,4 - 2,9 м/с; на юге – на 0,7 м/с от 2,8 - 4,1 м/с до 2,4 - 3,7 м/с). Означены причины ее уменьшения.
3. Установлено при оценке микроклиматической изменчивости ветра на конкретном участке со сложной орографией, что в определенных формах подстилающей поверхности на близких расстояниях скорость ветра может изменяться в 2,4 раза [8, 173, 176].
4. Идентифицированы критерии и представлена общая характеристика опасных явлений, возникающих от воздействия ветра. Впервые выполнено районирование территории Республики Молдова по повторяемости ветров со скоростью 15, 25, 30 м/с [7, 175, 187]. Выделены 4 основных района с однотипным распределением сильных ветров со скоростью ≥ 15 м/с, 3 района по повторяемости штормового ветра со скоростью ≥ 25 м/с и 4 района по степени проявления шквалистых ветров со скоростью ≥ 30 м/с. Составлена хронология проявления смерчей за период 1945 - 2012 гг.
5. Представлена разработанная автором методика климатологической оценки ветроэнергетического потенциала с целью его возможного вклада в энергосбережение Республики Молдова [9, 11, 33, 174, 177].
6. Составлена серия карт, которые отображают: распределение фоновых среднегодовых скоростей ветра (V_f); распределение специализированных ветровых параметров; количество энергоактивных скоростей ветра и количество часов безветрия; распределение энергии ветра на высотах 10 - 150 м, которые позволяют достоверно выявить и оценить климатические ресурсы ветра на территории Республики Молдова.
7. Проведенные исследования показали, что территория Республики Молдова является перспективной для использования энергии ветра в качестве альтернативного источника. Самыми эффективными с энергетической точки зрения считаются южные регионы и северо-восточная часть республики, где скорость ветра, согласно фоновой карте

составляет 5 – 5,5 м/с, а энергия варьирует в пределах 60 – 120 Вт/м². Для экономически оправданной эксплуатации ветроэнергетических установок их необходимо устанавливать на высоте 50 - 100 м.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Была составлена при помощи ГИС технологий и внедрена электронная карта изменения скорости ветра в зависимости от микрорельефа местности, части склонов и их расположения по отношению к основному направлению ветра (наветренные, подветренные, параллельные) на территории опытного участка (полигон «Кодры») Научно-Практического Института Садоводства и Пищевых Технологий, которая подтверждается актом внедрения от 21 октября 2004 г.
2. Решенная научная проблема в данной исследовательской работе позволила выявить пространственно-временные закономерности ветрового режима на территории Республики Молдова в условиях современного климата. Методы оценки и картирования изменения ветровых параметров в данной работе будут служить основой для создания Климатического Атласа ветрового режима.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Ambros T. ș. a. Surse regenerabile de energie. Chișinău: Tehnica - Info, 1999. 434 p.
2. Boboc N., Nedelcov M., ș. a. Calamitățile naturale și situații excepționale. În: Raportul Național Starea mediului în Republica Moldova în perioada 2007-2010. <http://www.mediu.gov.md> (vizitat 13.05.2012).
3. Bogdan O., Marinica I. Probleme contemporane ale variabilității sistemului climatic. În: Mediul Ambiant, 2008, nr 1, p. 32-39.
4. Bostan I. ș. a. Sisteme de conversie a energiilor regenerabile. Chișinău: Tehnica-Info, Bons Offices, 2007. 592 p. <http://www.energyplus.utm.md/index.php/manuals/61-sisteme-de-conversie-a-energiilor-regenerabile?showall=&start=3> (vizitat 11.01.2014)
5. Bostan I. ș. a. Utilizarea surselor regenerabile de energie- eoliană, hidraulică și solară. În: Academos, 2011, nr. 4 (23), p. 54-61.
6. Cazac V., Boian I., Volontir N. În: Mediul geografic al Republicii Moldova, vol. 3: Hazardurile naturale. Chișinău: Știința, 2008, p. 62-127.
7. Constantinov T. ș. a. Estimarea regimului vânturilor puternice pe teritoriul Republicii. În: Diminuarea impactului hazardelor naturale și tehnogene asupra mediului și societății. Tezele și comun. conf. internaționale. Chișinău, 2005, p. 107-109.
8. Constantinov T. ș. a. Evaluarea spațio-temporală a regimului eolian în condițiile unui relief accidental. În: Sisteme Informaționale Geografice, nr.11. Analele științifice, tom L1. s.IIc. Geografie. Iași: Univ. "Al. I. Cuza", 2005, p. 33-41, ISSN 1223-5334
9. Constantinov T. ș. a. Evaluarea spațială a resurselor energetice eoliene pe teritoriul Republicii Moldova. În: Energetica Moldovei – 2005. Materialele conf. internaționale. Chișinău: Tip. AȘM, 2005, p. 569-573, ISBN 9975-62-145-7.
10. Constantinov T., Nedelcov M. Evaluarea factorilor climatici de risc pe teritoriul Republicii Moldova în contextul schimbărilor globale ale climei. În: Agricultura durabilă, inclusiv ecologică-realizări, probleme, perspective. Materialele conf. internaționale științifico-practice. Bălți, 2007, p.311-312.
11. Constantinov T. ș. a. Tendința de schimbare a resurselor energetice eoliene pe teritoriul Republicii Moldova. În: Analele Științifice ale Universității de Stat din Moldova. Seria „Științe chimico-biologice”, Chișinău, 2006, p. 361-364.
12. Dediu Ion.I. Enciclopedie de ecologie. Chișinău: Știința, 2010. 836 p.
13. Dicționar statistic al Basarabiei, Ediție oficială, Direcția generală a statisticii, Serviciul statistic regional din Chișinău. Chișinău: Glasul Țării, 1923. 680 p.
14. Giurgea E. Situația instalațiilor industriale din Basarabia. În: Buletinul Institutului economic român, 1922, nr.11.
15. Lege privind conservarea energiei nr. 1136 din 13.07.2000. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 21.12.2000, nr. 157-159 art. nr. 1183. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=311544&lang=1> (vizitat 11.03.2006).
16. Lungu M. Resurse și riscuri climatice din Dobrogea. Rezumatul tezei de doctorat. București:Universitatea din București, 2008, 279 p.
17. Mihailescu C. Clima și hazardurile Moldovei – evoluția, starea, predicția. Chișinău: Licorn, 2004. 192 p.
18. Proiectul „Strategia de utilizare a resurselor regenerabile de energie pentru 2010”. Aprobata prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 0919-25 din 4.01.2006. http://ieasm.webart.md/data/m71_2_40.doc (vizitat 1.08.2007).

19. Raport informativ privind politicile naționale în domeniul eficienței energetice și surselor regenerabile de energie. Raportat către Comisia Economică ONU pentru Europa, Ministerul Ecologiei și resurselor Naturale. Chișinău, 2009, p. 62.
http://energyefficiency.clima.md/public/files/publication/Raport_privind_politicile_nationale_energetice.pdf (vizitat 7.11.2009).
20. Sobor I. Potențialul energetic eolian al Republicii Moldova: modele, estimări, măsurări și validări. 2008.
<http://www.energyplus.utm.md/index.php/articles/33-energia-eoliana-vantului/148-potențialul-energetic-eolian-al-republicii-moldova-modele-estimari-masurari-si-validari> (vizitat 26.07.2013).
21. Sobor I. ș. a. Surse regenerabile de energie: Curs de prelegeri. Chișinău: UTM, 2006. 380 p.
22. Stângă I. C. Riscul natural – între hazards și catastrofă. În: *Lucrările seminarului geografic «Dimitrie Cantemir»*, Iași, 2004, nr. 23-24, p. 57-64.
23. Stângă I. C. *Riscurile naturale. Noțiuni și concepte*. Iași: Alexandru Ioan Cuza, 2007. 109 p.
24. *Strategia energetică a Republicii Moldova pînă la anul 2010*. Aprobata prin Hotărîrea Guvernului Republicii Moldova № 360 din 11.04.2000. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* nr. 42-44 din 20.04.2000.
25. Todos P., Sobor I., Chiciuc A. Surse regenerabile de energie în Republica Moldova: realitate și perspective. În: *Energetica*, 2004, №1, p.14-18.
26. Todos P. ș. a. *Energia regenerabilă: Studii de fezabilitate*. Chișinău: Reclama, 2002. 158 p.
27. Baldocci D. *Biometeorology. Wind Turbulence. Canopy Air Space: Observation and Principles*. Berkley: University of California, 2008. 220 p.
28. Bartholy I., Radics K. Selected characteristics of wind climate and the potential use of wind energy in Hungary. Part 1. Idojdras, Quartely In: *Journal of the Hungarian Meteorological Service*, vol.105, №2, 2001, pp. 109-126.
29. Bjerknes J.A. Large-scale disturbance of the atmospheric circulation presumably originating from the equatorial Pacific. В: *Динамика крупномасштабных атмосферных процессов*, М.: Наука, 1969, с. 257–260.
30. Bogdan O. Natural and Anthropogenic Hazards – Mediul Ambient. Caracteristici ale hazardurilor /riscurilor climatice de pe teritoriul României. În: *Institutul de Geografie al Academiei Române*, 2005, nr. 5 (23), București. 55 p.
31. Britter R., Hanna S. Flow and Dispersion in Urban Areas. In: *Annual Review of Fluid Mechanics*, v. 35, 2003, p. 469-496.
32. Brutsaert W. *Evaporation into the Atmosphere. Theory, History and Applications.*: D. Reidel Publ. Co, 1982. 320 p.
33. Constantinov T., Mleavaia G. Applying GIS-technologies methods to wind energetic resources mapping. În: *Lucrările Simpozionului Internațional «Sisteme Informaționale Geografice»*. *Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza”* nr 14. Tom LV, serie nouă. II c., Geografie. Iași: Ed. Univ. „Al. I. Cuza”, 2009, p.109-117, ISSN1223-5334.
34. Corti S. et. al. Signature of recent climate change in frequencies of natural atmospheric circulation regimes. In: *Nature*, 1999, vol. 398, p.799-802.
35. Dobson B. *The Weibull analysis handbook*. ASQ Quality Press, 2006. 167 p.
36. Ekström, M., P.D. Jones, H.J. Fowler, et. al. Regional climate model data used within the SWURVE project 1: projected changes in seasonal patterns and estimation of PET *Hydrology and Earth System Sciences*, 2007.
37. Fajita T.T. Tornadoes and downbursts in context of generalized planetary scales. In: *J. Attn. Sci*, 1981, nr. 8, v.38, p. 1511-1534.

38. Finnigan J. Turbulens in Plant Canopies. In: Annual Review Fluid Mech., 2000, V.32.- p.519-571.
39. Frank H.P., Rathmann O., et. al. The numerical wind atlas - the KAMM/WAsP method. In: Report RISØ-R-1252(EN), RISØ National Laboratory, 2001.
40. Frich P. et. al. Observed coherent changes in climatic extremes during 2nd half of the 20th century. In: Climate Research, 2002, nr.19, p. 193-212.
41. Glantz M.H. Climate affairs: a primer. National Center for Atmospheric Research: Island Press, 2003. 292 p.
42. Global Atlas for Renewable Energy. IRENA, 2014. 48 p.
http://irena.org/DocumentDownloads/Publications/GA_Booklet_Web.pdf
(vizitat 11.03.2014).
43. Howard H. Thunderstorms. In: Atmospheric Science, 2007.
<http://www.eoearth.org/view/article/156624/> (vizitat 28.03.2013).
44. <http://intersolar.ru/>
45. Jacobi C., Beckmann B. On the connection between upper atmospheric dynamics and tropospheric parameters: Correlation between mesopause region winds and the North Atlantic Oscillation. In: Climatic Change, 1999, nr.43, p. 629-643.
46. Justus C.G., Mikhail A. Height variations of wind speed and wind distributions statistics. In: Geophy. Res. Letters, 1976, №3, p. 251-264.
47. Keli Tarp. Vortex 2 Armada Deploys for Round Two. In: National Severe Storms Laboratory. News. 2010.
<http://www.norman.noaa.gov/2010/05/vortex2-hits-the-road/> (vizitat 5.05.2013).
48. Kjellström E. et. al. A 140-year simulation of European climate with the new version of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA3). In: Reports Meteorology and Climatology 2005, nr. 108. Norrköping, Sweden: SMHI, 54 p.
49. Klein Tank, A.M.G. Air Quality and Climate Change. Presentation: VVM meeting, De Bilt, 22/6/2005.
50. Klein Tank, A.M.G. Changing extremes in the climate of Europe Presentation: SEAMOCS Kick-off meeting, Toulouse, France, 17/2/2006.
51. Kuchera E.L., Parker M.D. Severe convective wind environments. In: Weather and Forecasting, vol. 21, 2006, p. 595-612.
52. Kunz M. The skill of convective parameters and indices to predict isolated and severe thunderstorms. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci. №7, 2007, p. 327-342.
53. Leng G. J. et. al. RETScreen International: Results and Impacts 1996-2012. In: Minister of Natural Resources Canada, 2004. <http://www.retscreen.net/ang/impact.php>
(vizitat 15.05.2013).
54. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A. L. Wind energy explained: theory, design and application. UK: John Wiley&Sons Ltd, 2002. 577 p.
55. Mary Vincent, Steven Fick. Who has mapped the wind? In: Canadian Geographic Magazin, 2001. <http://www.canadiangeographic.ca/Magazine/MJ01/alacarte.asp>
(vizitat 1.09.2008).
56. Nelson St. P., Brown R. A. Multiple Doppler radar derived vertical velocities in thunderstorms. NOAA Tech. Memo. ERL-NSSL-94. In: National Severe Storms Laboratory, 1982, Norman: Oklahoma, p. 11-20.
57. Nikolaev V.G., et. al. Prospects of development of Renewable Power Sources (RES) in Russian Federation. The results of TACIS Project. Europe Aid/116951/C/SV/RU. Moscow: Atmograph, 2010. 430 p.
58. Perekhodtseva E.V. Hydrodynamic-statistical model of forecast to 36h ahead of dangerous convective phenomena-squalls, tornadoes and rainfall. In: Research activities in atmospheric and oceanic modeling, 2002, rep. 32, part 2, p. 21-23.

59. Pryor S., Schoof J., Barthelmie R. Climate change impacts on wind speeds and wind energy density in northern Europe: empirical downscaling of multiple AOGCMs. In: Climate Research, 2005, №29, p. 183-198.
60. Pryor Sara et. al. 3TIER. Inc. response to "Wind speed trends over the contiguous USA". In: Geophysical Research, 2009.
<http://www.3tier.com/en/about/publications/3tier-inc-response-wind-speed-trends-over-contiguous-usa/> (vizitat 10.12.2009).
61. Ragneb M. Wind shear, roughness classes and turbine energy production. 2012.
<http://mragheb.com/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Wind%20Shear%20Roughness%20Classes%20and%20Turbine%20Energy%20Production.pdf> (vizitat 14.09.2014).
62. Raupach M. Canopy transport processes. In: Flow and Transport in the Natural Environment. : ed. W.L. Steffen and O.T., 1988. 220 p.
63. Rinne H. The Weibull distribution. A Handbook: CRC Press, 2009. 762 p.
64. Roghness classes and roughness lenth. Table. 2012.
<http://www.baranidesign.com/wind-height/> (vizitat 18.01.2013).
65. Schwartz Marc. Wind Energy Resource Estimation and Mapping at the National Renewable Energy Laboratory. In: NREL Conf. Pub., 1999, p. 240-500.
66. Surfer 8. User's guide. Contouring and 3d surface mapping for scientists and engineers. 2002.
http://gis.fns.uniba.sk/vyuka/DTM_ako_sucast_GIS/Kriging/2/Surfer_8_Guide.pdf (vizitat 8.04.2010).
67. Taylor D.R.F. Concept of Cybercartography. In: Maps and the internet, 2003, Oxford: Elsevier Science Ltd, 574 p.
68. Taylor, D.R.F. Maps and Mapping in the Information Era. In: Swedish Cartographic Society Keynote address to the 18th ICA Conference. Stockholm: Edited by L. Ottoson, 1997, vol. 1, p. 1-10.
69. The Swiss Wind Power Data Website. Swiss Federal office of Energy
<http://wind-data.ch/tools/profile.php?h=10&v=2%2C62&z0=0.055&abfrage=Refresh> (vizitat 15.02.2015).
70. Trip McLaughlin. An assessment of disaster vulnerability. In: ESRI Map Book, vol. 21, 2006, p. 42-43.
71. Troen I., Petersen E.L. European Wind Atlas. Denmark, Risø National Laboratory, Roskilde, 1989. 656 p.
72. Vautard R. et. al. In: Nature Geosci. Advance online publication, 2010.
<http://www.nature.com/news/2010/101017/full/news.2010.543.html>
[doi:10.1038/NGEO979](https://doi.org/10.1038/NGEO979). (vizitat 7.11.2011).
73. Vespremeanu-Stroe A., Cheval, S., Tătuț, F. The wind regime of Romania – characteristics, trends and North Atlantic oscillation influences. In: Forum geografic, 2012, XI(2), p. 118-126. Online publication.
<http://forumgeografic.ro/wp-content/uploads/2012/2/Vespremeanu.pdf> (vizitat 19.08.2013).
74. Wieringa J. Estimation of mesoscale and local-scale roughness for atmospheric transport modelling. In: Air. Pollut. model and Appl. 1. Proc. 11th Int. Techn. Meet. Amsterdam, 1980, p. 279-295.
75. Агроклиматические ресурсы и микроклимат Молдавии. /под ред. Мищенко З.А./ Кишинев: Штиинца, 1988. 163 с.
76. Агроклиматические ресурсы Молдавской ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 197с.
77. Агроуказания по плодоводству. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1981. 75 с.

78. Алексеева А.А., Глушков Н.И. Особенности развития стихийных конвективных явлений и их прогноз. В: Тр. Гидрометцентра России, 2000, вып. 330, с. 90-97.
79. Алексеева А.А., Лосев В.М. и др. Автоматизированный метод прогноза шквалов с детализацией интенсивности в 3-х градациях (от 20 до 24 м/с, ОЯ и ураганы) на основе выходных данных региональной модели с заблаговременностью 12 и 24 ч. В: Методический кабинет Гидрометцентра России, 2010. Online publication. http://method.meteorf.ru/danger/3_grades/3_grades.html (vizitat 5.02.2011).
80. Анапольская Л.Е. Режим скоростей ветра на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 200 с.
81. Андреева Е.С. Концепция вероятностно-географического прогнозирования опасных явлений погоды юга России. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. д.г.н. С-Петербург, 2008. 45 с.
82. Атлас ветров России /под ред. А.Н.Старков, Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко/. Министерство топлива и энергетики России, Национальная лаборатория Рисо (Дания), Российско-Датский институт энергоэффективности. М.: Можайск-Терра, 2000. 560 с.
83. Багров Н.А. Об использовании типов циркуляции E, W, S для долгосрочных прогнозов. В: Тр. Гидрометцентра СССР, 1978, вып. 195, с. 39-45.
84. База данных чрезвычайных событий (ИМ-ДАТ), Центр исследований эпидемиологии стихийных бедствий (КРЭД), Университет Лувиана, Бельгия, 2002.
85. Баранова А.А., Голод М.П., Мещерская А.В. Изменение градуированных скоростей ветра на территории России во второй половине XX века. В: Тр. ГГО, вып. 556, 2007, с. 116-139.
86. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З. Базы данных об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России и результаты статистического анализа. В: Метеорология и гидрология 2009, №11, стр.5-15.
87. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А. и др. Опасные гидрометеорологические явления, вызываемые ветром, и их влияние на экономику. В: Метеорология и гидрология, 2001, № 9, с. 5—17.
88. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
89. Бернгардт Р. П. Климатологические обобщения и применения информации о ветре и гололеде. Дис. на соис. ст. д.г.н. Южно-Сахалинск, 2003. 180 с. <http://www.dissereat.com/content/> (vizitat 12.05.2008).
90. Бернгардт Р.П. О восстановлении однородности рядов максимальных скоростей ветра. В: Метеорология и гидрология 2004, №12, с. 31-37.
91. Борисенко М.М. Торнадо, смерчи, тромбы. В: Сб. Человек и стихия. 1986, с. 69-70.
92. Борисенко М.М., Габарова Е.О., Жильцова Е.Л. Оценки ветроэнергетических ресурсов на территории России. В: Тр. ГГО, 2008, вып.557, с.53-67.
93. Борисенко М.М., Стадник В.В. Атласы ветрового и солнечного климатов России. Санкт-Петербург, 1997. 173 с.
94. Будилина Е.Н., Прох Л.З., Снитковский А.И. Смерчи и шквалы умеренных широт. Л.: Гидрометеиздат, 1976, 29 с.
95. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
96. Бурман Э.А. Местные ветры. Л.: Гидрометеиздат, 1969, 339 с.
97. Вангенгейм Г.Я. О колебаниях атмосферной циркуляции над Северным полушарием. В: Известия АН СССР, сер. География и геофизика, 1946, №5.

98. Васильев А.А., Глушкова Н.И., Лапчева В.Ф. Повторяемость конвективных явлений в атмосфере, приводящих к стихийным бедствиям. В: Метеорология и гидрология, 1994, № 2, с. 15-19.
99. Васильев А.А., Песков Б.Е., Снитковский А.И. Смерчи (торнадо), наблюдавшиеся 9 июня 1984 г. на европейской части СССР. Информационно-методическое письмо. <http://meteocenter.net/meteolib/tornado1984.htm> (vizitat 15.07.2010).
100. Васильев Д. Реформы политики для продвижения энергоэффективности и инвестиций в возобновляемую энергию в Республике Молдова. Киев, 2012. http://www.naruc.org/international/Documents/13.Moldova_Ministry_Panel_III_Vasiliev_rus_rev.pdf (vizitat 20.12.2012).
101. Васильев Е.В., Алексеева А.А., Песков Б.Е. Условия возникновения и краткосрочный прогноз сильных шквалов. В: Метеорология и гидрология, 2009, №1, с. 5-15.
102. Васильева Л.Г., Голубова Т.А. Погодные условия в связи с некоторыми особенностями микроклимата. В: Тр. ГГО, 1974, вып. 339, с. 123-138.
103. Ветроэнергетические ресурсы Крыма. <http://nep.crimea.ua> (vizitat 22.05.2009).
104. Воейков А.И. Климаты Земного шара, в особенности России. В: Избр. Соч., Т.1. Москва: Изд-во АН СССР, 1948.
105. Галюк Л.П., Самолетова Н.А. Оценка риска, создаваемая смерчами для Волгодонской АЭС. В: Тр. ГГО им. А.И. Воейкова, С-Пб, 2008, вып. 557. с. 225-230.
106. Гидрометеорологические риски: монография /под ред. Л.Н. Карлина/. С-Пб.: РГГМУ, 2008. 282 с.
107. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1974, 487 с.
108. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1971, 280 с.
109. Гирс А.А. Особенности внутригодовых преобразований макросиноптических процессов в различные циркуляционные эпохи. В: Тр. ААНИИ, 1963, том 255, с. 47-85.
110. Голуб Е.В., Коробов Р.М. К вопросу климатологии наземного ветра. В: Проблемы географии Молдавии. 1973, вып. 8, с. 72-81.
111. Голубова Т.А. Режим ветра в пересеченной местности. В: Микроклимат СССР /под ред. И. А. Гольцберг/. Л.: Гидрометеоиздат, 1967, с. 58-76.
112. Гольцберг И.А. Использование морфометрических показателей рельефа для характеристики микроклимата. В: Микроклимат СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1967, с. 38-70.
113. Гольцберг И.А. Микроклимат холмистого рельефа и его влияние на сельскохозяйственные культуры. Л.: Гидрометеоиздат, 1962, с. 34-68.
114. Гольцберг И.А. Современное состояние и задачи в области климатического картографирования СССР. В: Тематическое картографирование в СССР. Л.: Наука, 1967, с. 84-90.
115. Грищенко И.В. Опасные явления погоды в условиях изменения климата на территории Архангельской области ненецкого автономного округа. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. к.г.н. С-Петербург, 2011, 29 с.
116. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Климатическая изменчивость повторяемости и продолжительности основных форм циркуляции в умеренных широтах Северного полушария. В: Метеорология и гидрология, 1996, № 1, с. 12-22.

117. Гутман Л.Н., Монин А.С. О локальных ветрах в горной местности. В:Тр. ЦИП, 1950, вып. 21.
118. Давидович Т.В., Каминская Л.Е., Морозова Э.А. Особенности распределения, циркуляции и прогнозирования опасных явлений погоды в центральном районе Западной Сибири в разные периоды года. В: Тр.СибНИГМИ, 2011, Вып. 106, Новосибирск: Изд-во СО РАН, с. 188-208.
119. Дарадур М. и др. Неблагоприятные гидрометеорологические явления и резкие изменения погоды на территории республики Молдова в 2003 г. Кишинэу: ГГС РМ, 2004, 25 с.
120. Дарадур М.И. Изменчивость и оценки риска экстремальных условий увлажнения. Кишинев, 2005. 198 с.
121. Денгигк А.Д. Свод девятнадцатилетних наблюдений над климатом и органической природой в окрестностях Кишинева. Записки Бессарабского областного статистического комитета т.1, 1864.
122. Дербенцева А.М. Эрозия и охрана почв. Владивосток: Изд-во Дальневосточного Университета, 2006, 85с.
123. Дзерdzeевский Б. Л. Многолетние флуктуации общей циркуляции атмосферы и климата и главные закономерности планетарной циркуляции. В: Общая циркуляция атмосферы. Метеорологические исследования. М.: Наука, 1968, №16, с. 252–272.
124. Дзерdzeевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климата. М.: Наука, 1975. 288 с.
125. Дзерdzeевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии. Избранные труды. М.: Наука, 1975. 138 с.
126. Дубов А. С., Быкова Л.П., Марунич С.В. Турбулентность в растительном покрове. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 184 с.
127. Дудник И.А. Смерч в Молдавии. В: Проблемы географии Молдавии. Кишинев: «Штиинца», 1974, вып. 9, с.54-58.
128. Дука Г.Г., Постолатий В.М., Быкова Е.В. Анализ состояния энергетической безопасности Республики Молдова. В: Энергетика Молдовы-2005. Сб. докладов международной конференции. Кишинэу: изд-во АН РМ, 2005, с. 27.
129. Ермолаев О.П. и др. Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. В: Известия РАН. Серия географических наук. М: Наука, 2009, №6, с. 119-121.
130. Журавлев Г.Г. Оценка ветроэнергетического потенциала Томской области. Вестник Томского Ун-та, 2001, №274, с. 141-147 <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vetro-energeticheskogo-potesiala-tomskoi-oblasti> (vizitat 20.08.2013).
131. Заварина М.В. Методы статистической экстраполяции в строительной климатологии. В кн. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1971, с 98-107.
132. Заварина М.В. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1971, с.
133. Золотарев А.Е. Особенности ветрового режима в кодровой зоне Молдавии. В: Агроклиматические ресурсы и микроклимат Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1988, с. 111-121.
134. Игнатъев С.Г. Анализ современной методологии определения энергетических характеристик ветра. В: Междунар. науч. журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2013, №12(134), с.15-26. <http://isjaee.hydrogen.ru/pdf/isjaee-12-2013/15-25.pdf> (vizitat 12.09.2015).

135. Игнатъев С.Г., Киселёва С.В. Развитие методов оценки ветроэнергетического потенциала и расчёта годовой производительности ветроустановок. В: Альтернативная энергетика и экология. 2010, № 10(90), с.49-72. <http://isjaee.hydrogen.ru> (vizitat 13.09.2015).
136. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: МГУ, 1988, 245с.
137. Карлин Л.Н. Гидрометеорологические риски. С-Пб.: РГГМУ, 2008. 282 с.
138. Керсновский И.А. О суточном и годовом ходе силы ветра и географическом ее распределении в Российской империи. Записки императорской Академии наук, С-Пб., 1891, т. 65.
139. Клоссовский А. Опыт специального климатического изучения России по районам. Одесса, 1893.
140. Кобышева Н.В., Гольцберг М.А. Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов. Л.: Гидрометеиздат, 1990, 83 с.
141. Кобышева Н.В., Наровлянский Т.Я., Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978, 295 с.
142. Кобышева Н.В. и др. О точности расчета климатических характеристик ветра для научно-прикладного справочника по климату СССР. В: Тр. ГГО, 1983, вып.475, с. 55-60.
143. Кондратюк В.И. Об устранении неоднородности в рядах ветра. В: Тр. ГГО, 1984, вып. 485, с.130-134.
144. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы в XX-начале XXI века. <http://www.atmospheric-circulation.ru> (vizitat 23.03.2012).
145. Кононова Н.К. Циркуляционные эпохи в различных секторах Северного полушария. Исследования генезиса климата. М.: АН СССР, Институт Географии, 1974, с.68-83.
146. Константинова Д.А., Горбатенко В.П. Условия образования шквала над Юго-Восточной территорией Западной Сибири. В: Вестн. Том. гос. ун-та. 2010. №337, с. 189-193. <http://cyberleninka.ru/article/n/usloviya-obrazovaniya-shkvala-nad-yugo-vostochnoy-territoriey-zapadnoy-sibiri> (vizitat 17.10.2013).
147. Константинова Т.С. и др. Изменение климата и режим неблагоприятных явлений погоды. În: Diminuarea Impactul Hazardelor Naturale și Tehnogene Asupra Mediului și Societății. Materialele conf. Internaționale. Chișinău, 2005, p. 113-117.
148. Константинова Т.С., Дарадур М.И. Изменчивость и оценки риска климатических экстремумов. Оценки и управление природными рисками. В: Риск-2003. Материалы всероссийской конференции. М.: Изд-во Ун-та Дружбы народов, 2003, т.1, с. 388-393.
149. Котляков В.М., Тишков А.А. Стратегия устойчивого развития: этика географического подхода. В: Вестник РАН. 2009, т. 79, №11, с. 963-970.
150. Кундас С.П., Позняк С.С., Шенец Л.В. Возобновляемые источники энергии. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. 315 с.
151. Лассе Г.Ф. Климат Молдавской ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 371 с.
152. Лассе Г.Ф. Микроклиматические наблюдения на территории совхоза «Семилетка» Кагульского района. В: Сб. работ Кишиневской Гидрометеорологической Обсерватории. Киев: Управление гидрометслужбы УССР, 1969, вып.4, с. 75-78.
153. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники энергии. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 187 с.
154. Лучицкая И.О., Белая Н.И. Режим сильных ветров и риски ущерба от их воздействия на территории юго-востока Западной Сибири. В: Тр.СибНИГМИ. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011, Вып. 106, стр. 64-89.

155. Лябина А. Почему молдавская продукция дороже импортной? <http://kp.ru/daily/25696/899240/> -(vizitat 04.07.2011).
156. Ляхов М.Е. Смерчи в средней полосе России. В: Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1986, №6, с. 67-72.
157. Мальцев К.А. Основы работы в программе Surfer 7.0. Казань: изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 24 с.
158. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К. Изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию в Украине. В: Геофиз. журнал. Киев, 2006, Т. 28, № 1, с. 51–60.
159. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние. В: Тр. НИГМИ, 1998, с. 18 -34.
160. Мартазинова ВФ, Тимофеев ВЕ. Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в Северном и Южном полушарии и региональные особенности в Атлантико-Европейском секторе и районе Антарктического полуострова. В: Проблемы Арктики и Антарктики, 2008, №3 (80), с. 17-37.
161. Мацковский В.В., Кононова Н.К. Исследования флуктуаций циркуляции атмосферы Северного полушария методом цифрового картирования. В: Известия РАН. Сер. Географическая, 2011, №6, с. 100-114.
162. Мезенцева Л.И. Расчет скорости ветра по пункту со сложными орографическими эффектами. В: Метеорология и гидрология, 2008, № 9, с. 66-77.
163. Методические указания по производству микроклиматических обследований в период изысканий. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 62 с.
164. Методические указания по обобщению результатов микроклиматических исследований для целей сельскохозяйственного производства. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 87 с.
165. Методические указания по применению кода характеристик местоположения метеостанций. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 60 с.
166. Методические указания. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок. /под ред. Борисенко М.М./ – РД 52.04.275-89, М.: Госкомгидромет, 1991. 57 с.
167. Мещерская А.В. и др. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным. В: Метеорология и гидрология, 2006, № 9, с. 46-58.
168. Мещерская А.В., Маргасова В.Г и др. Снижение антициклоничности и рост циклоничности на севере Евразии в связи с глобальным потеплением климата. В: Известия РАН, сер. Географическая, 2011, №6, с.15-24.
169. Милевский В.Ю. Вероятность ветра различных скоростей на территории СССР. В: Тр. ЛГМИ, 1961, вып.12, с. 58-97.
170. Милевский В.Ю. Методика исследования скоростных роз-диаграмм ветра. В: Тр. ГГО, 1960, вып. 113, с. 57-70.
171. Минин В., Дмитриев Г. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском полуострове. Мурманск: Белона, 2007. 102 с.
172. Мищенко З.А. Учет микроклимата при размещении виноградников и садов. Кишинев: Штиинца, 1986. 103 с.

173. Млявая Г.В. Влияние параметров шероховатости подстилающей поверхности на скорость ветра. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2014, №2 (323), p. 181-187. ISSN 1857-064X.
174. Млявая Г.В. Исследование ветра как альтернативного источника энергии на территории Республики Молдова. В: Науч.-практ. журнал «Экологический вестник», Минск: изд-во Международного гос. Экологического Ун-та им. А.Д. Сахарова, 2011, №3(17), с.114-120, ISSN 1994-2087.
175. Млявая Г.В. Интенсивность и частота проявления сильных ветров на территории Республики Молдова. În: Mediul și dezvoltarea durabilă. Materialele conf. cu participare internațională, Chișinău: US Tiraspol, 2015, p. 40-47, ISBN 978-9975-76-157-4.
176. Млявая Г.В. Оценка микроклиматической изменчивости режима ветра в условиях пересеченного рельефа Республики Молдова. В: Сборник научных статей Академику Л.С. Бергу -135 лет. Бендеры: Eco-TIRAS, 2011, с. 234-237, ISBN 978-9975-66-219-2.
177. Млявая Г.В. Перспективы развития ветроэнергетики в Республике Молдова. 12-я международная конференция «Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века», 17-18 мая 2012, Минск, Республика Беларусь, электронная версия, с. 417. http://iseu.by/m/12_0_1_65570.pdf (vizitat 9.12. 2012).
178. Молдова 2020. Национальная стратегия развития: 7 решений для экономического роста и снижения уровня бедности. <http://www.gov.md/libview.php?l=ru&idc=447&id=4956> (vizitat 19.10.2012).
179. Молдова до конца 2013 года запустит первые проекты по производству ветровой энергии. <http://news.point.md/ru/ekonomika/moldova-do-konca-2013-goda-zapustit-pervie-proekti-po-proizvodstvu-ventrovoj-energii> (vizitat 27.03. 2013).
180. Москалюк И.С. К вопросу разработки ветроэнергетического кадастра Молдавии. В: Тр. Кишиневского Сельскохозяйственного Института, т., 1966.
181. Москалюк И.С. Применение новых типов ветронасосных установок в сельском хозяйстве Молдавии. Кишинэу: Картя Молдовеняскэ, 1972. 84 с.
182. Научно-обоснованная система ведения сельского хозяйства Молдавской ССР. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1983. 480 с.
183. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, вып.11. Молдавская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990, с. 31-34, 108-121.
184. Национальная программа по энергосбережению на 2003-2010 годы. Утверждена постановлением Правительства РМ №. 1078 от 05.09.2003. В: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 19.09.2003, nr. 200-203, статья №: 1133. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=297462&lang=1> (vizitat 11.10.2004).
185. Национальный План действий в области энергоэффективности на 2013-2015 гг. В: в Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 15.02.2013, закон № 113 от 7.02.2013, статья №158. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=346722&lang=2> (vizitat 29.08.2013).
186. Неблагоприятные гидрометеорологические явления и резкие изменения погоды на территории Республики Молдова в 2004 г. /Под ред. Казак В.Я. Кишинэу: Государственная Гидрометеорологическая Служба РМ, 2005. 35 с.

187. Неद्याлкова М.И., Млявая Г.В. Опасные ветры на территории Республики Молдова. В: Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века. 13-я международная конференция. Минск, Республика Беларусь, 2013. <http://www.iseu.by/online/showpage.jsp?PageID=89291&resID=100229&lang=ru&menuItemID=117122>.
188. Николаев В.Г. Развитие технологий определения ветроэнергетического потенциала России. В: Научно-технические ведомости СПбГПУ, № 2 (123), 2011, с. 68–76.
189. Николаев Ю.В., Колтаков Ю.Н. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы (по данным классификации Г.Я.Вангенгейма - А.А. Гирса). В: Метеорология и гидрология, 1983, №11, с. 14-19.
190. Обзор Бессарабской губернии. Бессарабский статистический комитет. Кишинев, 1902 и 1912.
191. Орленко Л. Р. Строение планетарного пограничного слоя. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 270 с.
192. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ. М: Росгидромет, 2008, с. 69-75. <http://voeikovmgo.ru/download/Tom%201.pdf> (vizitat 2.08.2010).
193. Пантелеев П.С. Климат Кишинева 1812-1870 гг. В: Тр. Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания. Т. I, II, III, IV, V. 1904-1914.
194. Панфутова Ю.А., Самолетова Н.А, Макеева О.Д., Романова И.В. Опасные явления погоды на равнинной части Российской Федерации. В: Труды ГУ, С.-Пб.: ГГО, 2007, вып. 556, с. 145-156.
195. Пафнутова Ю.А. Опасные метеорологические явления на равнинной территории Российской Федерации и риски, создаваемые ими. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. к.г.н., С-Петербург, 2008, 161 с.
196. Перечень и критерии опасных и стихийных гидрометеорологических явлений погоды, а также резких изменений погоды на территории Республики Молдова. <http://www.meteo.md/gmtnew/opasnie.htm> (vizitat 11.04.2011).
197. Песков Б.Е., Снитковский А.И. К прогнозу сильных шквалов. В: Метеорология и гидрология, 1968, №7, с.52-57.
198. Подтягин М.Е. Вероятная скорость ветра в СССР. В: Вестник ЕГМС, №5-6, 1935.
199. Подтягин М.Е. Математический анализ измерений ветра. В: Журнал геофизики, т.5, вып. 1, 1935.
200. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций и порядке сбора и представления информации в области защиты населения и территории в случае чрезвычайных ситуаций. Постановление Правительства РМ № 1076 от 16.11.2010. В: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 19.11.2010, nr. 227-230 статья №: 1191.
201. Поляк И.И. Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии. Л.: Гидрометеиздат, 1979. с. 14-23.
202. Попель О.С. и др. Климатические данные для возобновляемой энергетики России (база климатических данных). М.: изд-во МФТИ, 2009, 56 с. http://www.mami.ru/storage/files/kaf/techp/Teskt_uchebnogo_posobiya_Klimaticheskaya_baza_dlya_vozobnovlyaemoj_energetiki_Rossii.pdf (vizitat 2.01.2015).
203. Постановление Правительства №102 от 5.02. 2013 об Энергетической стратегии Республики Молдова до 2030 г. <http://lex.justice.md/ru/346670> (vizitat 29.09.2013).
204. Прох Л.З. Словарь ветров. Л., Гидрометеиздат, 1983. 311 с.
205. Прох Л.З. Смерчи и шквалы. Москва: Знание. Серия «Науки о Земле», № 6, 1981. 47 с.

206. Прох Л.З., Скотаренко З.М. Смерчи над Приднестровьем. В: Метеорология и гидрология, 1971, №2, с. 105-109.
207. Прох Л.З., Сосновская Р.П., Токарь Н.Ф. Анализ донесения об особо опасных явлениях погоды на Украине в 1967-1976 гг. В: Тр. УкрНИГМИ, 1979, вып. 176, с. 108-109.
208. Раевский А.Н., Иванова И.И. Особенности образования гололеда на территории Молдавии. В: Труды Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института, 1959, вып.18.
209. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 80 с.
210. Риск возникновения смерчей (торнадо) в Республике Молдова. http://www.meteo.md/newru/tornado_rus.htm (vizitat 7.10.2010).
211. Романенко Н.Н. Ветроэнергетические ресурсы и их использование. Кишинэу: Картя Молдовеняскэ, 1964. 136 с.
212. Романенко Н.Н. Энергетические расчеты при использовании типовых ветродвигателей для механизации водоснабжения и кормоприготовления в условиях Молдавской ССР. В: Тр. Кишиневского сельхоз. Ин-та им. М.В. Фрунзе, 1956, т. IX., с. 193-226.
213. Романенко Н.Н., Щеглов Ю.А. Энергетическая характеристика ветрового режима МССР. Известия Молдавского филиала АН СССР. Пч.11/65, 1959.
214. Романова Е. Н. Картирование ветровых характеристик в сложном рельефе на картах разного масштаба. В: Тр. ГГО, 1972, вып. 288, с. 3-11.
215. Романова Е.Н. Ветровой режим на территории освоения БАМ. В: Тр. ГГО, 1980, вып. 426, Микроклиматология, стр. 23-54.
216. Романова Е.Н. Методика использования морфометрических характеристик рельефа при агрометеорологической оценке территории. – В: кн. Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. Л.: Гидрометеиздат, 1970, с. 113-126.
217. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. Л., Гидрометеиздат, 1977. 278 с.
218. Романова Е.Н. Основные направления прикладных климатологических исследований для целей сельского хозяйства. В: Тр. Всесоюзного совещания. Прикладная климатология, Л.: Гидрометеиздат, 1990, с. 153-165.
219. Романова Е.Н. Режим ветра в пересеченной местности. В: Микроклимат СССР. Л., Гидрометеиздат, 1967, с.58-76.
220. Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л. Оценка микроклиматической изменчивости режима ветра. В: Методы мезо и микроклиматического районирования для целей оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с применением технологии автоматизированного расчета. СПб.: Гидрометеиздат, 2003, с.40-46.
221. Романова Е.Н., Королева З.П. Влияние местных условий на ветровые ресурсы. В: Тр. ГГО, 1986, вып. 502, с. 45-53.
222. Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 244 с.
223. Ромов А.И. Причины образования смерчей и рекомендации к анализу и прогнозу смерчопасных ситуаций. В: Тр. УкрНИГМИ, 1989, вып.233, с. 23-29.
224. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Т.3. - С-Петербург:Летний сад, 2009,с. 55,145, 188.
225. Рудак М.С. Ветро- и гелиоэнергетический кадастр Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2003. 147с.

226. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть 2. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 488 с.
227. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. ВМО, Женева, 1983. Обнинск: ВНИИГМЦ-МДЦ, 1988. 560 с.
228. Руководство по практике метеорологического обслуживания населения. II издание ВМО №834. Женева: Секретариат Всемирной Метеорологической Организации, 2000.
229. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами. /Под ред. Н.В. Кобышевой. С-Пб., 2008. с. 235. <http://www.voeikovmgo.ru/download/publikacii/2008/Rukovodstvo.pdf> (vizitat 12.01.2009).
230. Руководящий документ. Инструкция. Критерии стихийных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения. СПб.: Гидрометеиздат, 1996, 15 с.
231. Руководящий документ. Критерии гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 28 с.
232. Руководящий документ. Положение о порядке действий организаций и учреждений Росгидромета при возникновении стихийных гидрометеорологических и гелиогеофизических явлений, обнаружении экстремально высокого загрязнения окружающей среды и ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий. РД 52.88.340-93. М: Гидрометеиздат, 1993. 40 с.
233. Руководящий документ. РД 52.27.724. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Обнинск: НГ-Социн, 2009. 62 с.
234. Рыкачев М.А. Повторяемость ветров со скоростями разных степеней в России. В: Естественные производительные силы России, т.1, ч.1, раздел 7, Петроград: изд-во Российской Академии наук, 1919. 147 с.
235. Савченко Я. Очерк климата Сорокского уезда Бессарабской губернии. В: Тр. Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания, т. IV, 1912-1913.
236. Сайт по расчетам ветровых параметров для целей их использования в ветроэнергетике «The Swiss Wind Power Data Website» <http://wind-data.ch/tools/profile.php>
237. Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат. Л.: Гидрометеиздат, 1950. 242 с.
238. Сапожникова С.А. Типизация метеорологических станций по влиянию местоположений на скорость ветра. В: Метеорология и гидрология, №5, 1948.
239. Сапожникова С.А. Характеристика местоположения метеорологических станций для оценки его влияния на ветровой режим В: Тр. НИИАК, 1966, вып.37, с. 17-38.
240. Селезнева Е.С. Об изменчивости метеорологических элементов и сроках годности аэрологических наблюдений. В: Тр. НИУ ГУГМС, 1946, серия 1, вып. 21.
241. Силкин К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8. Воронеж: Изд-во полиграф. центр Воронежского Гос. Ун-та, 2008. 66 с.
242. Сильный ветер и его опасность для Молдовы. <http://meteo.md/mold/climaticriscrus.htm> (vizitat 5.06.2010).
243. Симонов Н.В. Запасы энергии в СССР. Л.: АН СССР, 1933.
244. Снитковский А.И. Смерчи на территории СССР. В: Метеорология и гидрология, 1987, №9, с.12-25.

245. Соколов О.В., Мезенцева Л.И. Климатические тренды параметров общей циркуляции атмосферы в южном полушарии во второй половине XX века. В: Проблемы Арктики и Антарктики, 2007, №76, с. 24-35.
246. Сосса Р.И. Картографування території України: історія, перспективи, наукові основи. Київ: Наукова думка, 2005. 292 с.
247. Справочник по климату СССР. Вып.11. МССР. Часть III. Ветер. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 78 с.
248. Справочник по климату СССР. Вып.11. МССР. Данные за отдельные годы. Часть IV. Ветер. Киев, 1972. 775 с.
249. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, части 1-6. Вып.11. Молдавская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 191 с.
250. Спрыгин А.А. Классификация конвективных штормов. 2012. Severe convective storm virtual laboratory: monitoring in Russia, Ukraine, Belarus and Moldova. http://www.scs.netai.net/1_8_classification.html (vizitat 21.08.2013).
251. Степаненко С.Н., Волошин В.Г. Профили скорости ветра в слое проницаемой шероховатости. В: Український гідрометеорологічний журнал, 2010, №6, раздел 2. Метеорологія та кліматологія. Одесса: Одесский Гос. Экологический ун-т., с. 24-31.
252. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. /Под ред. Бабиченко В.Н. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 223 с.
253. Струнин М.А. Турбулентность и турбулентный обмен в пограничном слое атмосферы над неоднородной поверхностью. Автореф. на соиск. ст. д. ф.-м. н., Москва, 2006, 42 с.
254. Технический кодекс установившейся практики. Методология оценки ветропотенциала. Минск: Мин. природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2012, 15 с. <http://www.tnpa.by/tnpa/TnpaFiles/pdf> (vizitat 19.05.2013).
255. Тихов М.С., Агеев В.В., Бородина Т.С. Оценивание параметров распределения Вейбулла по случайно цензурированным выборкам. Математическое моделирование. Оптимальное управление. В: Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2010, № 4 (1), с. 141–145. http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999_West_2010_4/24.pdf (vizitat 9.02.2012).
256. Тупикин С.Н., Орлова Н.С. Ветроэнергетические ресурсы Калининградской области. Калининград: Калинингр. ун-т, 1998. 52 с.
257. Федосов А.А. Аппроксимация профиля скорости ветра в пограничном слое атмосферы при неустойчивых, устойчивых и нейтральных состояниях атмосферы. В: Фундаментальные исследования, 2006, № 7, стр. 60-64. www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=5195 (vizitat 28.07.2014).
258. Фомин И. Возобновляемые источники энергии. В: Известия Агентства по инновациям и трансферу технологий. <http://www.aitt.md/ru/news> (vizitat 2.02.2009).
259. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 506 с.
260. Чобану Н. Почему солнце и ветер до сих пор не работают на Молдову. Ассоциация энергии ветра Республики Молдова. <http://www.alternativenergy.md/solar-wind-moldova#more-218> (vizitat 6.08.2012).

261. 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. ст. к.г.н. С-Петербург, 2006. 20 с.
262. Швер Ц.А. К вопросу о климатическом картографировании. В: Тр. ГГО, 1986, вып. 501, с. 71-77.
263. Шевкунова Э.В., Панфутова Ю.А., Исмагилова Д.И. Опасные метеорологические явления на пространстве Российской Федерации. В: Сборник докладов конференции «Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей, С.-Пб.: Гидрометеозад, 2005, с.203-207.
264. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Исследование микроклимата города с целью оценки биометеорологических показателей селитебной территории. В: Географический вестник №3 (14). Метеорология, 2010, с 1-9. http://www.geo-vestnik.psu.ru/files/vest/213_sklgev.pdf (vizitat 1.03.2011).
265. Клімат України. /За редакцією В.М. Липінського. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
266. Тучинський Б.Г. Оцінка виробітку електроенергії вітроелектричної установки за даними спостережень метеостанції. В: Матеріали IV Міжнародної конференції „Нетрадиційна енергетика в XXI веке”. Крым, 2003, с.142-146.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Act de implementare nr. 1

Actul Nr. 1

de implementare a lucrării științifice în producție

or. Chișinău

21 octombrie 2004

Institutul de Cercetări pentru Pomicultură al Republicii Moldova
(local implementării: denumirea întreprinderii, organizației, instituției)

în persoana directorului Institutului de Cercetări pentru Pomicultură,
doctor habilitat în științe agricole, Mihai Rapcea

pe de o parte, și

Institutul de Geografie al Academiei de Științe a Republicii Moldova
(denumirea organizației elaboratorului)

în persoana directorului Institutului de Geografie al Academiei de Științe,
academician, Tatiana Constantinov

pe de altă parte, au întocmit actul prezent și menționează, că harta
“Repartiția vitezei medii a vântului pe terenul experimental “Codru”
(denumirea lucrării)

executanți: Tatiana Constantinov șeful laboratorului de Climatologie, Maria
Nedealcov colaborator științific superior, Mihail Daradur colaborator
științific coordonator, Galina Mleavaia ingener, Ghenadie Sîrodiev șeful
laboratorului Geomorfologie Dinamică s-a aflat la implementare de la 21
ianuarie 2004 pînă la 21 octombrie 2004.

Institutul de Geografie al Academiei de Științe a Republicii Moldova
(denumirea organizației elaboratorului)

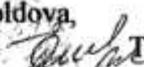
a transmis harta “Repartiția vitezei medii a vântului pe terenul experimental
(denumirea lucrării)

“Codru”

care a asigurat în volumul planificat evidențierea repartiției vitezei medii a
(conținutul ajutorului, consultație tehnico-științifică)

vîntului în diferite forme de relief ocupate cu plantațiile de livezi a
Institutului de Cercetări pentru Pomicultură și obținerea efectului social.
În corespundere cu cele dezvăluite, ambele părți au ajuns la concluzia că
implementarea “ Repartiția vitezei medii a vîntului pe terenul experimental
“Codru” a luat sfîrșit.

Directorul Institutului de Cercetări
pentru Pomicultură al Republicii Moldova,
doctor habilitat în științe agricole  Mihai Rapcea

Directorul Institutului de Geografie
al Academiei de Științe a Republicii Moldova,
academician  Tatiana Constantinov

Карта. Изменение скорости ветра в зависимости от форм рельефа
на территории опытного участка «Кодры».

Нарта. Repartiția vitezei medii a vântului pe terenul experimental “Codru”.

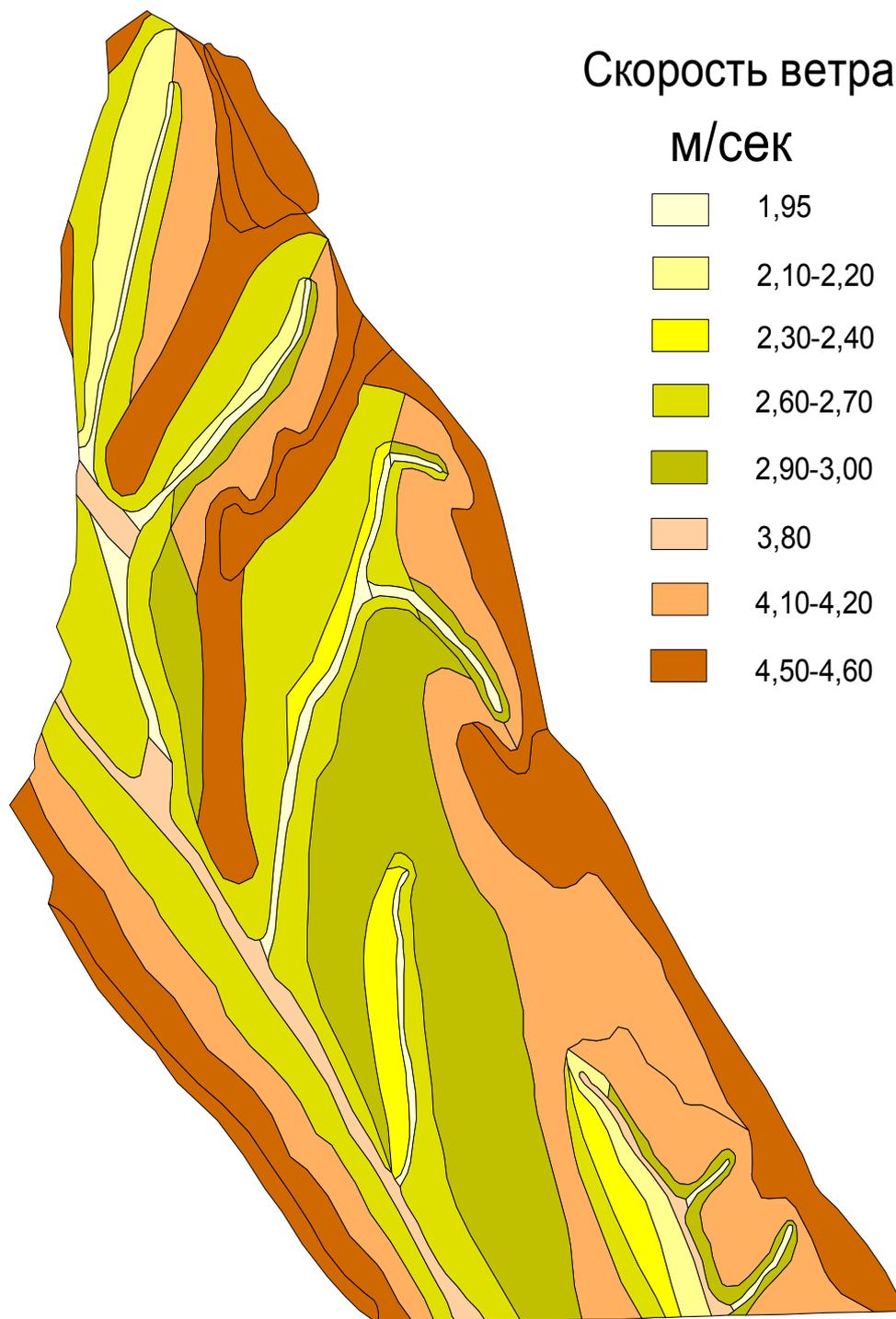


Таблица. Распределение скорости ветра на территории опытного участка «Кодры» в зависимости от морфометрических показателей рельефа

Анеха 3

Tabelul. Distribuția vitezei vântului în funcția de indicii morfometricii a reliefului pe terenul experimental “Codru”

Уклон (градусы)	Части склона: В-верх, С-середина, Н-низ	Экспозиция, склоны по отношению к основному (СЗ) направлению ветра	Скорость ветра (м/с)
0-2 ⁰	Дно непродуваемых долин		1,9
10-20 ⁰	Н,С	Ю, В, ЮВ подветренные	2,1-2,2
4-10 ⁰	Н, В	Ю, ЮВ подветренные	2,4-2,6
10-20 ⁰	В	Ю, ЮВ подветренные	2,6
1-4 ⁰	Н, С, В,	Ю, В, ЮВ подветренные	2,7
1-4 ⁰	Н, С, В,	ЮЗ параллельные	2,7
4-10 ⁰	Н, С	ЮЗ,СВ параллельные	2,7
10-20 ⁰	Н	ЮЗ параллельные	2,9
4-10 ⁰	С	З наветренные, ЮЗ параллельные	3,0
10-20 ⁰	С	ЮЗ параллельные	3,5
0-2 ⁰	Дно продуваемых долин		3,8
10-20 ⁰	С	С, СЗ, З наветренные, ЮЗ, СВ параллельные	4,1
4-10 ⁰	В	С, СЗ, З наветренные, ЮЗ параллельные	4,2
10-20 ⁰	В	ЮЗ параллельные	4,4
1-4 ⁰	В	Ю, ЮВ подветренные, ЮЗ параллельные	4,5
0-2 ⁰	Плоские водоразделы с высотами от 150м и выше		4,6

Declarația privind asumarea răspunderii

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

MLEAVAIA GALINA

Semnătura

Data

Декларация об ответственности

Нижеподписавшаяся, заявляю под личную ответственность, что материалы, представленные в докторской диссертации, являются результатом личных научных исследований и разработок. Осознаю, что в противном случае, буду нести ответственность в соответствии с действующим законодательством.

МЛЯВАЯ ГАЛИНА

Подпись

Число

CURRICULUM VITAE

Informații personale

Numele de familie și prenumele Mleavaia Galina
Data și locul nașterii 01. 08. 1959,
s. Kangauz, raionul Șkotovskii, Primorskii Krai, Rusia
Cetățenia Republica Moldova



Studii și stagii:

1976-1981 Institutul de ingineri Geodezie, Aerofotogrametrie și Cartografie din Moscova (МИИГАиК)

2004 Calificarea în domeniul topogeodeziei și cartografiei de pe lângă Agenția de Stat Relații funciare și cadastru a RM cu domeniu de activitate - cartografie tematică.

2008 Cursuri de Internship ESRI software ArcGis

2007- 2010 Competitor în Centrul de Instruire Universitară, Postuniversitară și Perfecționare al A.Ș.M. la specialitatea 11.00.09 (153.05) – meteorologie, climatologie, agroclimatologie.

Domeniile de interes științific Climatologie, meteorologie, agroclimatologie, riscuri de mediu, energetica eoliană

Experiența profesională

2005 - 2016 Cercetător științific în cadrul Institutului de Ecologie și Geografie al A.Ș.M. în laboratorul de Climatologie și Riscuri de Mediu

2004 Cercetător științific în cadrul Institutului de Geografie al A.Ș.M. în laboratorul de Climatologie

1992 -2004 Inginer-cartograf categoria I în cadrul Institutului de Geografie al A.Ș.M. în laboratorul de Climatologie

1981-1992 Inginer-cartograf în cadrul Institutului de Genetică al A.Ș.M.

2003-2004 Profesor de geografie la Colegiul de Informatică

2004-2005 Profesor de legea mediului la Universitatea «Univers Moldova»

2004-2006 Cartograf senior la societatea comercială „Geomatich” SRL

Adresa Republica Moldova, mun. Chișinău, str. Academiei 1, MD-2028, tel. (373 22) 72-17-16.

Participat la foruri științifice (naționale și internaționale)

2007, 21-22 iunie - conferința internațională științifico-practice „Agricultura durabilă, inclusiv ecologică-realizări, probleme, perspective”, Bălți, Republica Moldova.

2010, 17-18 iunie - conferința internațională “Rolul culturilor leguminoase și furajere în agricultura Republicii Moldova”, Bălți, Republica Moldova.

2011, 19-20 mai - conferința internațională «Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века». Minsk, Belarusia.

2013, 12-13 septembrie - Cernoziomurile Moldovei – evoluția, protecția și restabilirea fertilităților. Chișinău.

2013, 20-21 septembrie - conferința internațională „Managementul bazinului transfrontalier Nistru în cadru noului acord bazinal”. Chișinău.

Lucrările științifice	<p>2014, 22-24 mai - conferința cu participare internațională „Mediul și dezvoltarea durabilă”. Univ. de Stat Tiraspol, Chișinău.</p> <p>2015, 24-25 octombrie - simpozionul internațional «Sisteme Informaționale Geografice», Ediția a XXII-A, Chișinău.</p> <p>2016 - conferința internațională „International Conference dedicated to the 70th anniversary of foundation of the ASM and 55th anniversary of the inauguration of the Academy of Sciences of Moldova”, Chișinău</p> <p>Autor a 72 publicații științifice, dintre care 34 pe tema de teza, fără coautori 20, în reviste recenzate 3. A fost realizate hărțile climatice ”Republica Moldova. Clima. Influența Mării Negre. (8 Hărți Digitale), Placarda ”Republica Moldova. Clima. Factori de risc”. Coautor într-o monografie colectivă Atlas „Resursele climatice ale Republicii Moldova”</p> <p>A participat la elaborarea de hărți climatice în «Atlasul Geografic Școlar» clasele 5-11, 8-9, 9-11 în limba rusă și română.</p>
Cunoașterea limbilor	rusă – fluent, română - mediu, engleza -mediu
Date de contact adresa	Laboratorul de Climatologie și Riscuri de Mediu, Institutului de Ecologie și Geografie al A.Ș.M, str. Academiei 1, mun. Chișinău, MD-2028, Republica Moldova
Telefon	(+373) 79325578
E-mail	mlyavaya.galina@ mail.ru