

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕТРОВОГО РЕЖИМА
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

© 2025 г. **И.В. Гонтовая, Е.В. Гаврилова, М.А. Очеретный**

*Каспийский морской научно-исследовательский центр
Россия, 414045, г. Астрахань, ул. Ширяева, д.14. E-mail: kaspmtiz@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.01.2025. После доработки 01.02.2025. Принята к публикации 01.03.2025.

В статье рассматриваются региональные особенности режима ветра в северо-западной части Каспийского моря. Оценивается сезонная и годовая динамика основных характеристик ветрового режима за многолетний период и в сложившихся на текущий момент тенденциях их изменения. Анализ временных рядов средних значений параметров ветра показал, что в северо-западной части Каспийского моря преобладают ветры восточного направления, средняя многолетняя повторяемость которых составляет 26%. Несмотря на устойчивость в течение года, прослеживается некоторая их сезонная изменчивость. Среди ветров других направлений следует отметить юго-восточные, западные и северо-западные. Положительная сезонная и годовая динамика наблюдается у ветра юго-восточного направления. Характерные особенности прослеживаются и для средней скорости ветра, в период 1991-2020 гг. наблюдается увеличение климатических норм – 0.2-0.6 м/с. Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам среднегодовых значений температуры воздуха и средней скорости ветра, показывают, что вместе с ростом среднегодовой температуры воздуха увеличивается средняя скорость ветра. Основной вклад тренда в изменение скорости ветра по направлениям принадлежит весеннему и зимнему сезонам. В северо-западной части Каспийского моря преобладают слабые ветры, чаще всего в градации 4-5 м/с. Средние скорости ветра ≥ 15 м/с наблюдаются во все сезоны, весной и осенью их повторяемость наибольшая. Полученные результаты имеют практический интерес, так как потребность в морских климатологических данных возникает при осуществлении разных видов деятельности.

Ключевые слова: климат, региональные изменения, режим ветра, направление и скорость ветра, повторяемость, практическое значение, разница норм, отклонение.

DOI: 10.24412/1993-3916-2025-2-13-19

EDN: CVVXMI

Географическая среда земного шара не остается постоянной, а находится в непрерывном изменении, развитии. Климат, будучи тесно взаимосвязанным с окружающей средой, также подвержен изменениям во времени (Моргунов, 2005). В ежегодном докладе Всемирной метеорологической организации (ВМО) «Состояние глобального климата в 2022 году (Климатический центр Росгидромета, 2024) показаны климатические изменения планетарного масштаба на суше, в океане и атмосфере. С точки зрения практики наибольший интерес представляют происходящие и ожидаемые региональные изменения климата, в особенности изменения его «экстремальности», и их последствия, так как затрагивают в той или иной степени интересы практически любой отрасли экономики, а также социальной сферы Российской Федерации (Оценка, 2011).

Каспийское море – это в первую очередь уникальный водоём с хрупкой экосистемой, является точкой пересечения геополитических и экономических интересов (Первый Каспийский ..., 2019). Основными факторами, определяющими климат Каспийского моря, являются географическое положение моря; характер атмосферной циркуляции в различное время года; влияние окружающей суши; тепловое влияние вод Среднего и Южного Каспия и водообмена между северной частью моря и его другими частями (Гидрометеорологические условия, 1986). Характер ветров над Каспийским морем определяется как крупномасштабным влиянием циркуляции атмосферы, так и местными барико-циркуляционными и термическими условиями (Гидрометеорология ..., 1992).

Изучению ветрового режима моря посвящены работы ряда ученых (Водный баланс, 2016; Гидрометеорология ..., 1992; Скриптунов, 1958). Но в этих исследованиях использованы данные наблюдений, охватывающие кратковременные периоды, к тому же прошло достаточное количество времени после этих исследований, что вызвало необходимость перерасчета основных характеристик – направление и скорость ветра. Эти элементы имеют большое практическое значение – опасные подъемы уровня воды в северо-западной части Каспийского моря обусловлены особенностями ветрового режима (Челпанова, 2021). Ветер является одним из основных климатообразующих факторов и одним из факторов, влияющих на изменчивость течений (Гидрометеорологические условия, 1986), распределение загрязненных вод по акватории Каспия, формирование гидролого-гидрохимических процессов (Каспийский морской ..., 2024).

Данная работа проводилась с целью изучения региональных особенностей изменчивости характеристик ветра в северо-западной части Каспийского моря, т.к. потребность в морских климатологических данных возникает при осуществлении разных видов деятельности, начиная от судоходства и планирования добычи полезных ископаемых на морском шельфе и до работы береговой инфраструктуры и диспетчерских служб (ВМО ..., 2018).

Материалы и методы

Для анализа климатических изменений использовались метеорологические данные государственной наблюдательной сети Росгидромета – многолетние регулярные наблюдения за ветром, которые проводились на морской гидрометеорологической станции второго разряда (МГ-II) о. Тюлений, расположенной в северо-западной части Каспийского моря (Атлас, 2019).

Массив данных получен от ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», Дагестанского и Астраханского ЦГМС. Расчет характеристик ветра велся по 8-срочным наблюдениям в сутки за 1984-2020 гг. Перевод числа случаев и повторяемости направления ветра по 16 румбам в 8 румбов производился в ФГБУ «КаспМНИЦ», согласно РД 52.04.614-2000 (2001). За 1984-2020 гг. рассчитывались среднемесячные и среднегодовые приземные климатологические параметры: средняя скорость ветра, повторяемость направления ветра и средней скорости ветра по 8 румбам, повторяемость средней скорости ветра по градациям (РД ..., 2019), в т.ч. по календарным сезонам. Для климатической характеристики скорости ветра рассчитаны нормы средней скорости ветра за периоды 1984-2010 и 1991-2020 гг. (ВМО ..., 2017), исследовалось изменение разницы между климатологическими нормами (Коршунова, Швець, 2014), даны оценки основных характеристик ветрового режима за многолетний период и в сложившихся на текущий момент тенденциях их изменения.

Результаты и обсуждение

За исследуемый период (1984-2020 гг.) был проведен анализ повторяемости направления ветра по восьми румбам. В северо-западной части Каспийского моря преобладающими являются ветры восточного направления, также с наибольшей повторяемостью отмечаются ветры юго-восточного, западного и северо-западного направления. Исключением являются юго-западные и южные ветры.

Повторяемость различных направлений ветра неодинакова. Прослеживаются характерные особенности в режиме ветра. В годовом ходе наибольшие значения повторяемости наблюдаются у восточного направления (22-30%), наименьшие – у южного и юго-западного (3-7 %; рис. 1).

Сезонная повторяемость направлений ветра над морем подвержена межгодовым изменениям в соответствии с колебаниями циркуляции атмосферы. Главная закономерность циркуляционного режима над акваторией моря – преобладание меридиональной формы атмосферной циркуляции. За рассматриваемый период во все сезоны преобладал ветер восточного направления, максимум повторяемости (28%) приходился на осенний сезон. Ветры юго-восточного направления больше всего наблюдаются осенью и весной (20-21 %), зимой и летом их повторяемость уменьшается (12 и 18%). Ветры западного направления имеют одинаковую повторяемость зимой, весной и летом, осенью повторяемость уменьшается, ветры северо-западного направления весной и летом наблюдаются в равной степени (13%), осенью и зимой их повторяемость увеличивается (14-15%). Сезонная изменчивость наблюдается и у штилей: осенью и летом их повторяемость увеличивается (10-12%), весной и зимой уменьшается (7-9%). В последние годы их повторяемость уменьшилась до 2-3% в месяц, при средней многолетней повторяемости 9%.

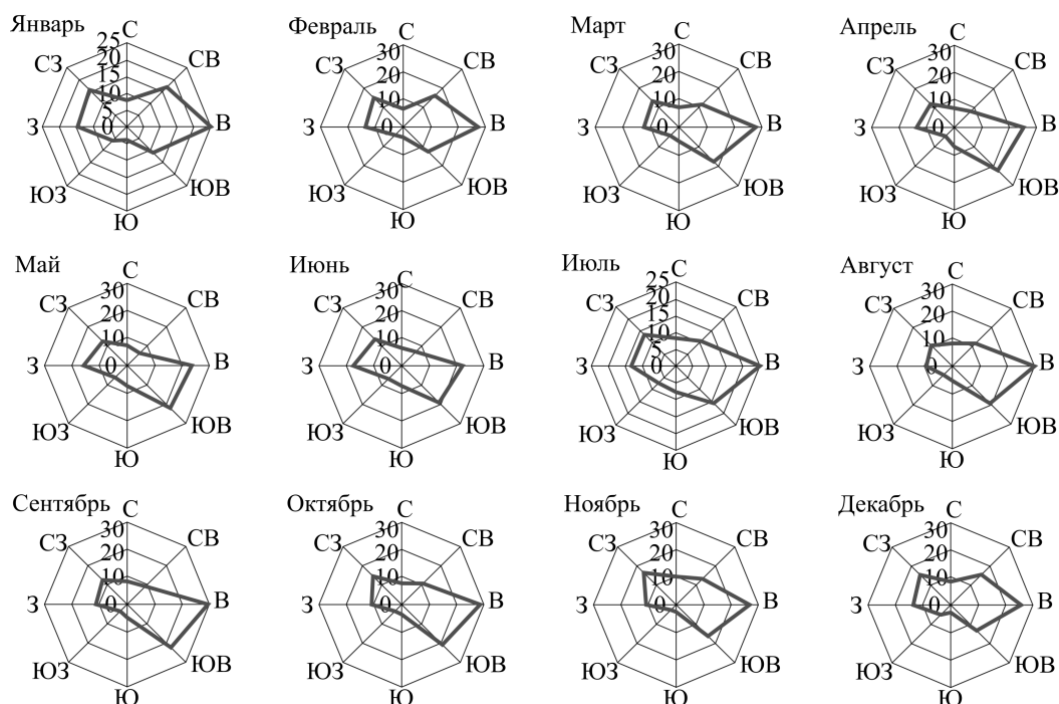


Рис. 1. Розы ветров повторяемости направления (%) по данным МГ-II о. Тюлений за период 1984-2020 гг.

Статистические оценки линейного тренда средней годовой и сезонной повторяемости ветра по 8 румбам приведены в таблице 1.

Линейный тренд в среднем за год и во все сезоны положителен для ветра юго-восточного и южного направлений, а для ветра северо-восточного направления и штиля, наоборот, отрицателен. Тенденция изменчивости суммарной повторяемости ветра других направлений имеет разнонаправленный характер. Можно отметить, что увеличение повторяемости ветра восточного направления наблюдается летом и осенью, для западного – весной, северо-западного – зимой и весной.

Таблица 1. Коэффициенты линейного тренда (%/10 лет) средней годовой и сезонной повторяемости ветра по 8 румбам и штиля за период 1984-2020 гг. (МГ-II о. Тюлений).

Румб	1984-2020 гг.				
	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
С	-0.08	0.03	-0.05	-0.69	-0.27
СВ	-0.42	-1.27	-1.32	-0.00	-0.29
В	-1.19	-0.48	-4.02	1.26	0.36
ЮВ	2.53	2.19	2.05	2.54	1.97
Ю	0.49	0.05	1.02	0.55	0.05
ЮЗ	—*	0.09	0.43	-0.64	-0.27
З	-0.71	-1.14	1.42	-1.09	-0.72
СЗ	-0.60	0.53	0.46	-1.92	-0.74
Штиль	-3.95	-2.58	-2.87	-5.35	-5.39

Примечание к таблице 1: прочерк* – за многолетний период линейный тренд отсутствует.

За исследуемый период (1984-2020 гг.) прослеживаются характерные особенности в режиме ветра: наибольшая среднемесячная скорость ветра наблюдается в апреле (6.4 м/с), а наименьшая – в июле-августе (5.3 м/с). Средняя годовая скорость ветра составляет 5.9 м/с.

Исследование изменения разницы между нормами для скорости ветра за периоды 1984-2010 гг. и 1991-2020 гг. показывает, что в 1991-2020 гг. произошли изменения в сторону увеличения норм – на 0.2-0.6 м/с. Для штиля наблюдалось отрицательное отклонение от нормы – на 3.7%.

Н.К. Кононова (2018) в работе «Типы глобальной циркуляции атмосферы: результаты мониторинга и ретроспективной оценки за 1899-2017 гг.» при сравнении колебаний температуры воздуха с колебаниями циркуляции атмосферы отметила, что изменение характера циркуляции атмосферы оказывает заметное влияние на температуру воздуха и другие параметры климата. Рассмотрим изменения средней скорости ветра на фоне глобального потепления (Доклад ..., 2023). В период 1991-2020 гг. при исследовании разницы норм наблюдаются положительные аномалии в увеличении средней скорости ветра. Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам среднегодовых значений температуры воздуха и средней скорости ветра приведены за период 1984-2020 гг. Скорость роста среднегодовой температуры воздуха составила 0.5°C/10 лет (вклад в общую изменчивость 52%), повышение скорости ветра в этот период происходило с интенсивностью 0.6 м/с/10 лет. Вклад тренда в суммарную дисперсию составил 45%. Для наглядности были построены сравнительные графики интегрально-разностных кривых среднегодовой скорости ветра и среднегодовой температуры воздуха, на которых видно, что ход кривых практически совпадает – с 1984 по 1998 гг. наблюдается уменьшение среднегодовой температуры воздуха и среднегодовой скорости ветра, а с 1999 г. – период роста этих климатических параметров (рис. 2).

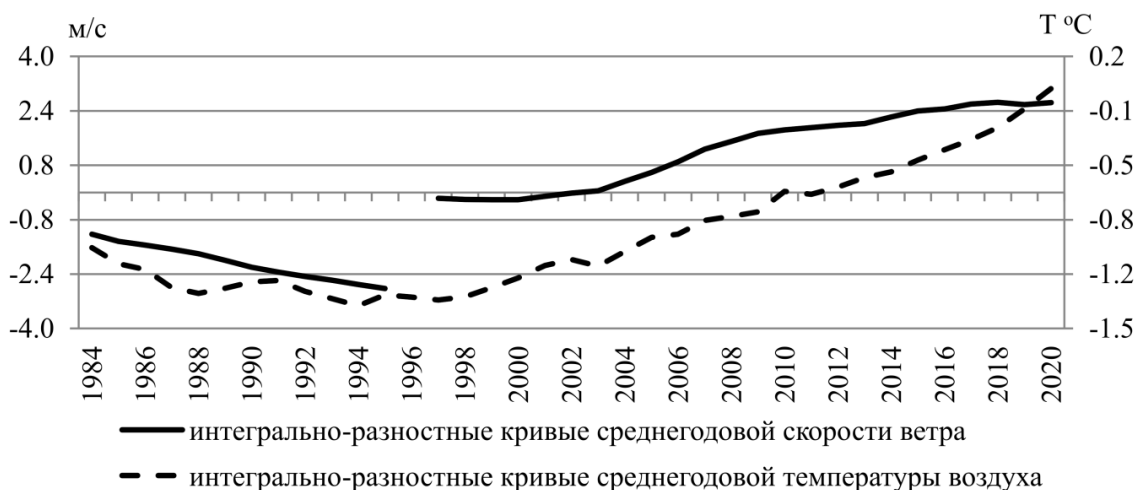


Рис. 2. Интегрально-разностные кривые средней годовой скорости ветра и температуры воздуха по данным МГ-II о. Тюлений за период 1984-2020 гг.

Во все сезоны наибольшие средние скорости ветра наблюдается у западного (6.6-7.3 м/с) и северо-западного (6.9-7.9 м/с) направления, наименьшие – у южного (3.9-4.8 м/с) и юго-западного (4.2-4.3 м/с). Средние скорости ветра для восточного и юго-восточного направления составляют 6.2-6.9 и 6.2-7.2 м/с. Для остальных направлений средняя скорость ветра наблюдается от 4.6 до 5.6 м/с. У северо-западного, западного и юго-восточного направлений наибольшие скорости ветра наблюдаются осенью, наименьшие – летом.

Для преобладающих направлений наибольшие скорости ветра наблюдаются: у северо-западного направления (7.5-8.2 м/с) с сентября по ноябрь; юго-восточного направления (7.0-7.5 м/с) в апреле и с сентября по декабрь; восточного направления (7.1 м/с) в марте и апреле; западного направления (7.4 м/с) в апреле, октябре и ноябре. Наибольшие средние скорости ветра северо-западного (8.2 м/с) и юго-восточного (7.5 м/с) направлений приходятся на октябрь.

Оценка изменения скорости ветра по направлениям отражает тенденцию увеличения средней скорости ветра по 8 румбам. Основной вклад тренда в суммарную изменчивость принадлежит весеннему и зимнему сезонам (15 и 17% соответственно), тогда как в летний и осенний сезоны линейный тренд практически отсутствует.

При этом наибольшие изменения в увеличении средней скорости ветра характерны для преобладающих направлений: зимой они отмечались при восточных, юго-восточных и северо-

западных ветрах; весной – при юго-восточных и северо-западных ветрах; летом при северо-западных, западных и юго-восточных ветрах; осенью при северо-западных и юго-восточных ветрах (табл. 2).

Практический интерес представляет исследование скорости ветра по градациям. В северо-западной части Каспийского моря за исследуемый период средняя повторяемость слабых ветров (0-5 м/с) составляет 50%, больше всего наблюдаются в июле и августе, умеренных ветров (6-13 м/с) – 46%, наибольшая их повторяемость – в ноябре, сильных ветров (14-24) – 4.1%, в апреле их повторяемость наибольшая, повторяемость очень сильного ветра (25-28 м/с) – 0.02%, больше всего наблюдаются в декабре.

Таблица 2. Оценки линейного тренда сезонных изменений средней скорости ветра (м/с/10 лет) по направлениям за период 1984-2020 гг. (МГ-II о. Тюлений).

Румб	1984-2020 гг.							
	Зима		Весна		Лето		Осень	
	b*	D (%)**	b	D (%)	b	D (%)	b	D (%)
С	0.29	20.2	0.33	13.4	0.12	1.7	0.22	4.6
СВ	0.40	18.7	0.22	6.0	0.28	9.3	0.08	1.2
В	0.47	19.1	0.20	3.7	0.25	7.7	0.27	6.6
ЮВ	0.89	30.8	0.46	22.7	0.37	10.3	0.48	15.7
Ю	0.22	7.1	0.42	28.8	0.19	4.9	0.1	1.1
ЮЗ	0.43	15.4	0.31	13.0	0.07	0.9	0.19	3.5
З	0.30	4.2	0.47	11.7	0.3	5.8	0.31	3.7
СЗ	0.61	17.6	0.54	22.8	0.3	8.4	0.39	10.3

Примечание к таблице 2: b* (м/с/10 лет) – коэффициент линейного тренда, D (%)** – вклад тренда в дисперсию.

В распределении средней скорости ветра по градациям наблюдается сезонная изменчивость. За рассматриваемый период у слабого ветра во все сезоны преобладающей является средняя скорость ветра в градации 4-5 м/с. Летом увеличивается повторяемость скорости ветра в градациях 0-1 и 2-3 м/с. Умеренный ветер больше всего наблюдается в градации 6-7 м/с, весна и осень – более ветреные сезоны, чаще отмечается ветер в градациях 8-9, 10-11 и 12-13 м/с.

Сильный и очень сильный ветер наблюдается во все месяцы календарного года, наибольшая повторяемость отмечается: весной в апреле, летом в июне и августе, осенью в октябре, зимой средние скорости ветра ≥ 15 м/с наблюдаются во все зимние месяцы.

Аналізу ветровых условий на Каспии посвящено немало научных работ и исследований (Ивкина, 2011; Бухарицин, 2015; Лобанов, Наурозбаева, 2021; Наурозбаева, 2020; Выручалкина и др., 2020). Данная работа направлена на комплексный подход к изучению региональных изменений ветрового режима, в т.ч. повторяемости средней скорости ветра по градациям, с использованием режимных данных государственной наблюдательной сети Росгидромета. С точки зрения практики расчет характеристик ветра необходим для строительства и реконструкции морских портов (РД ..., 1985), определения режимных характеристик волнения (Мирзоев и др., 1999), течения определяются в основном ветром (Гидрометеорологические условия, 1986). Характер течений определяет пространственно-временные изменения гидрохимического режима, влияет на процессы загрязнения вод. Таким образом, мониторинг изменения характеристик ветра может быть одним из ключевых долговременных факторов, дающих оценку вектора развития экологических систем и степени их уязвимости.

Выводы

Анализ временных рядов средних значений параметров ветра показывает, что в северо-западной части Каспийского моря преобладающими как по сезонам, так и в годовом распределении являются ветры восточного направления, несмотря на устойчивость этих ветров в течение года, прослеживается некоторая их сезонная изменчивость, – осенью его повторяемость увеличивается.

Среди ветров других направлений с наибольшим процентом повторяемости следует отметить ветры юго-восточного, северо-западного и западного направлений. Региональные оценки трендов повторяемости направлений ветра, показывают положительную тенденцию изменения во все сезоны для ветра юго-восточного направления. Тенденция изменчивости суммарной повторяемости ветра других направлений имеет разнонаправленный характер.

Для долгосрочной оценки климатической изменчивости скорости ветра очевидна тенденция к изменению скорости ветра при анализе климатологических норм в сторону положительных отклонений в последний тридцатилетний период.

Изменения средней скорости ветра по направлениям в течение года имеют циклический характер. Наибольшие средние скорости ветра наблюдаются у западного и северо-западного, наименьшие – у южного и юго-западного направлений. Оценка изменения скорости ветра по направлениям показывает, что основной вклад тренда в суммарную изменчивость принадлежит весеннему и зимнему сезонам. При этом наибольшие изменения в увеличении средней скорости ветра характерны для преобладающих направлений.

В северо-западной части Каспийского моря за исследуемый период преобладают слабые ветры. Средние скорости ветра ≥ 15 м/с наблюдаются во все сезоны, весной и осенью их повторяемость наибольшая. Таким образом, на основании рассчитанных тенденций, есть основания полагать, что с повышением температуры воздуха происходят изменения и в скорости ветра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас районирования морей и океанов для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности. 2019. М.: Росгидромет. 37 с.
- Бухарицин П.И., Болдырев Б.Ю., Новиков В.И. 2015. Система гидрометеобеспечения безопасности мореплавания на Каспии. Комплекс мероприятий по гидрометеорологическому обеспечению безопасности мореплавания и работы портов. Palmarium Academic Publishing. 318 с.
- ВМО-№ 471. 2018. Руководство по морскому метеорологическому обслуживанию. Женева – Швейцария. 82 с.
- ВМО-№ 1203. 2017. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. Женева – Швейцария. 21 с.
- Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. 2016. М.: Триада лтд. 378 с.
- Выручалкина Т.Ю., Дианский Н.А., Фомин В.В. 2020. Влияние на эволюцию уровня Каспийского моря многолетних изменений режима ветра над его регионом в 1948–2017 гг. // Водные ресурсы. Т. 47. № 2. С. 230-240.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VI: Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. 1992 / Ред. Ф.С. Терзиев, А.Н. Косарев, А.А. Керимов. С.-Пб.: Гидрометеиздат. 356 с.
- Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. 1986. Т. II: Каспийское море. Вып. 1-3 / Ред. Ф.С. Терзиев. Ленинград: Гидрометеиздат. 268 с.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. 2023. М.: Росгидромет. 108 с.
- Ивкина Н.И. 2011. Ветровые условия в Северной и Средней частях Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. № 4. С. 27-38.
- Каспийский морской научно-исследовательский центр. 2024 [Электронный ресурс <http://www.caspianmonitoring.ru/biblioteka/obzory> (дата обращения 15.03.2024)].
- Климатический центр Росгидромета. 2024 [Электронный ресурс <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/novosti/sobytiya/2214-doklad-vmo-sostoyanie-globalnogo-klimata-v-2022-godu> (дата обращения 15.03.2024)].
- Кононова Н.К. 2018. Типы глобальной циркуляции атмосферы: результаты мониторинга и ретроспективной оценки за 1899-2017 гг. // Фундаментальная и прикладная климатология. Т. 3. С. 108-123.
- Коршунова Н.Н., Швець Н.В. 2014. Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД. № 178. С. 11-24.
- Лобанов В.А., Наурузбаева Ж.К. 2021. Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия // Монография. С.-Пб.: РГГМУ. 140 с.
- Мирзоев Д.А., Зильберштейн О.И., Лопатухин Л.И., Миронов Е.У., Михайлов Н.Н. 1999. Концепция обеспечения специализированной гидрометеорологической информацией проектирования сооружений на шельфе арктических морей // Труды Четвертой Международной Конференции «Освоение шельфа Арктических морей». RAO/CIS Offshore 2009. С.-Пб. Ч. 1. С. 311-318.
- Моргунов В.К. 2005. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: учебник. Ростов-на-Дону.: Феникс. 331 с.
- Наурузбаева Ж.К., Лобанов В.А. 2020. Изменение ветрового режима Северного и Среднего Каспия в холодное полугодие // Гидрометеорология и экология. № 4. С. 36-45.

- Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу. 2011 / Ред. В.М. Катцов, Б.Н. Порфирьев. М.: Д'АРТ. 252 с.
- Первый Каспийский экономический форум. 2019 [Электронный ресурс <http://government.ru/news/37645/> (дата обращения 12.03.2024)].
- Скриптунов Н.А.* 1958. Гидрология предустьевого взморья Волги / Ред. С.С. Байдин. М.: Гидрометеорологическое издательство (отделение). 139 с.
- РД 31.33.05-85. 1985. Расчет режимных характеристик ветра для портовых сооружений. Методические указания. М. 48 с.
- РД 52.04.614-2000. 2001. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. II. Обработка материалов метеорологических наблюдений. С.-Пб. 119 с.
- РД 52.27.724-2019. 2019. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. М.: ФГБУ «Гидрометцентр России». 66 с.
- Челпанова Д.Д.* 2021. Шторм на Каспийском море в 1952 г.: социальные последствия и меры по ликвидации (по материалам центрального государственного архива республики Дагестан) // Наука юга России. Т. 17. № 2. С. 83-89.