



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал ФГБОУ ВО «РГГМУ» в г. Туапсе

Кафедра «Метеорологии экологии и природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»
(квалификация – бакалавр)

На тему «Условия возникновения и повторяемость боры в районе МО
Новороссийск»

Исполнитель: Бычкова Дарья Сергеевна

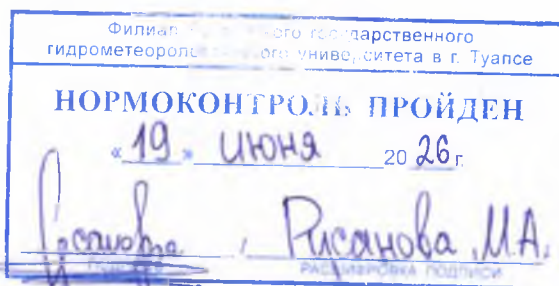
Руководитель: к.ф.-м.н., доцент Величко Виталий Андреевич

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 19 » июня 2026 г.



Туапсе
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Физические условия возникновения новороссийской бory	5
1.1 История исследования новороссийской бory	5
1.2 Основные условия возникновения Новороссийской бory	11
2 Характеристика физико-географических условий района Новороссийск	21
2.1 Физико-географическое положение	21
2.2 Характеристика синоптических условий	27
3 Анализ возникновения бory в районе МО Новороссийск	35
3.1 Влияние местных климатических условий на возникновение бory	35
3.2 Анализ случаев возникновения и повторяемости бory в районе МО Новороссийск	47
Заключение	54
Список использованной литературы	56

Введение

Вследствие сложившегося на земном шаре неоднородного орографического строения земной поверхности в атмосфере формируется значительное количество разномасштабных вихрей, которые образуют глобальную циркуляцию атмосферы. При этом в приземном слое атмосферы вследствие влияния местных мезомасштабных и орографических условий возникает местная циркуляция.

К самым известным ветрам, образование которых обусловлено влиянием, так называемых местных условий, относятся горно-долинные и стоковые ветры, которые отличаются высокими скоростями воздушного потока, нередко достигающими критериев опасного явления. Вследствие этого, такие ветры в научной литературе имеют второе название – подветренные бури.

Основной причиной возникновения данных ветров является возникновение горных препятствия на пути воздушного потока, что в свою очередь приводит к большому скоплению масс воздуха на подветренных склонах гор.

В свою очередь, большое скопление воздуха приводит не только к увеличению скорости ветрового потока, но и меняет сглаженный характер ветра на порывистый, при этом наблюдаются резкие изменения и в температурном режиме.

Если ветер теплый, так называемый фен, то, температура воздуха повышается, а при возникновении холодного ветра – боры, отмечается резкое понижение температуры, нередко на десятки градусов [25, с.134].

Ветры типа бора, могут наблюдаться в различных точках земного шара, в

России бора встречается на Крымском полуострове, на о. Новая Земля, в районе Уральских гор, на Байкале. Самая жестокая по своему проявлению является Новороссийская бора, которая в холодное время года возникает на восточном берегу Черного моря в районе Новороссийска. Новороссийская бора представляет собой холодный, порывистый ветер, северо-восточного направления который обладает большой силой. Для боры характерным является направление воздушного потока с горных хребтов в сторону Черного моря.

На сегодняшний день, из всех ветров, на образование которых оказывают влияние местные особенности рельефа, бора представляет собой наибольшую опасность для деятельности различных экономических отраслей, причем, негативное воздействие нередко охватывает большую площадь, распространяясь на участке побережья Черного моря от Анапы до Туапсе.

Следовательно, тема исследования актуальна, т.к. в работе проводится анализ условий и случаев возникновения новороссийской бора, которая представляет опасность для деятельности различных экономических отраслей.

Объект исследования – новороссийская бора.

Предмет исследования – условия, влияющие на возникновение бора и ее повторяемость.

Цель работы – провести анализ климатических условий, влияющих на возникновение бора и ее повторяемость.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

- рассмотреть условия возникновения новороссийской бора;
- рассмотреть физико-географическое положение МО Новороссийск;
- рассмотреть орографию и рельеф района исследования;
- рассмотреть синоптические условия;
- провести анализ климатических условий в районе МО Новороссийск;
- провести анализ случаев возникновения и повторяемости бора в районе МО Новороссийск.

1 Физические условия возникновения новороссийской бора

1.1 История исследования новороссийской бора

В научной литературе на сегодняшний день определение бора включает ветры, которые встречаются в различных частях земного шара при определенных климатических и орографических условиях.

Обязательным орографическим условием является наличие на территории горных хребтов, имеющих относительно небольшую высоту, протянувшиеся вдоль берега моря. В отдельных районах ветры встречаются при тех же условиях, но, водоем представлен крупным озером [2, с.94].

Следовательно, можно отметить, что бора представляет собой ветер, имеющий характер штормового, который практически свергается с горных хребтов к морю.

Самая известная и жестокая по своему проявлению является Новороссийская бора, которая в холодное время года возникает на восточном берегу Черного моря в районе Новороссийска. Новороссийская бора представляет собой холодный, порывистый ветер, северо-восточного направления который обладает большой силой. Для бора характерным является направление воздушного потока с горных хребтов в сторону Черного моря.

Ветры типа бора, наблюдаются в различных точках земного шара, в том числе, на Крымском полуострове, на о. Новая Земля, в районе Уральских гор, на Байкале. Но, по характеру возникновения и силе проявления ветры значительно уступают новороссийской боре, спрогнозировать возникновение которой и в настоящее время представляет значительную сложность.

Возникновение бора на Черноморском побережье, особенно сильно проявляющаяся в районе Анапа - Туапсе, с эпицентром возникновения в районе Цемесской бухты отмечается в различных источниках начиная в середины 18 века, при морских навигациях.

До нашего времени дошли первое описание моряками случая Новороссийской бора, которая возникла в 1747 г., и которое содержит основные

сведения об этом явлении и характер его проявления.

В начале 19 века, описание в судовых журналах случаев возникновения данного явления стало встречаться значительно чаще, при этом, описывались случаи с различным характером возникновения бory. Но, наибольший интерес для исследования представляют интерес, конечно же, случаи возникновения сильной бory, которая отличается жестокостью своего проявления [27].

Такие случаи даже стали публиковать в печатных изданиях того времени, причем, печатались авторы, которые стали очевидцами возникновения бory, и в изданиях были опубликованы не только их наблюдения, но, и уже в те времена предлагались меры борьбы и снижения воздействия бory, не только в море, но, и на суше.

Также в изданиях тех времен можно найти публикации о метеорологических условиях, которые сопровождали бору, или предшествовали ей. Данное обстоятельство дает право судить, о том, что уже в начале 19 века, исследователи пытались найти методы предсказывать столь грозное явление.

Но, более глубокий интерес к боре, как метеорологическому явлению возник в середине 19 века, когда ученые- метеорологи Лоренц и Преттнер стали проводить исследования случаев возникновения бory, и искать причины ее возникновения, приводя различные физические доводы [21, с.54].

Тогда были опубликованы ряд исследовательских работ, которые в большей степени касались бory, возникающей на берегу Адриатического моря, но, благодаря сходству в орографических условиях береговой части Адриатического и Черного морей, данные исследования можно было использовать и при изучении новороссийской бory, возникающей в районе Цемесской бухты.

Но, в те времена не было достаточно знаний и исследований в области синоптической метеорологии, не было данных о физике процессов, возникающих в атмосфере, без знания которых достоверность исследований была незначительна.

Во второй половине 19 века под руководством известного русского ученого-мореplавателя Ф.Ф. Врангеля опубликованы первые работы по исследованию

новороссийской бору, полученные им во время русскотурецкой войны [6, с.36].

Именно Ф.Ф. Врангель первым из ученых обратил внимание на роль орографического фактора в образовании этого явления, т.к., до него большинство ученых основным фактором возникновения бору считали наличие большого водоема. Благодаря этому, бору стали рассматривать, не только как ветер, возникающий в районе Черного моря, но, как низвергающийся с гор поток холодного воздуха.

Вслед за исследованиями Ф.Ф. Врангеля, интересной работой тех времен были исследования ученого – мореплавателя А.Н. Скаловского, работы которого были посвящены изучению причин возникновения бору.

В начале 20 века, когда появились систематические метеорологические наблюдения, и, следовательно, наблюдения за борой приобрели определенную систематизацию, работы стали носить более обобщающий характер, появились серьезные исследования, например, исследование Н. А. Коростелева [2, с.27].

Но, незнание синоптических основы и отсутствие систематизации синоптических ситуаций, не позволяло в полной мере объяснить причину возникновения бору, поэтому возникновение бору связывали в большей мере с влиянием местных условий орографии и климата.

В более поздних работах того времени, когда синоптика как наука приобрела более глубокие знания, описание бору целиком связывали с влиянием синоптических процессов, исключая при этом, роль в возникновении бору местной орографии.

В конце 19 века опубликованы работы Ф. Ф. Врангеля, в которых дается первое физическое объяснение возникновения новороссийской бору, при этом, свою точку зрения Ф. Ф. Врангель основывает на личных наблюдениях, во время которых было отмечено движение нисходящего потока воздушных масс, которые переваливались через горный хребет Варада в направлении к Цемесской бухте. Причем, в зимнее время года холодные воздушные массы приносили сильное понижение температуры воздуха на прибрежную территорию.

Также Ф.Ф. Врангель выявил, влияние температурного контраста

материковой территории Кубанской равнины и поверхности Черного моря на климатические условия прибрежных районов, особенно в холодное полугодие, когда температура моря выше температуры суши [3, с.94].

Ф.Ф. Врангель также указал, что северо-восточные ветры, являющиеся главенствующими для этой территории, обуславливают поступление холодных воздушных масс в прикубанские районы и далее, через горные ущелья холодные ветры проникают в прибрежные районы Черного моря.

При встрече на своем пути горных препятствий наблюдается скопление холодного воздуха в горных котловинах, а при большом потоке воздушных масс воздух начинает переваливаться через горный хребет и далее под собственной силой тяжести воздух смещается вниз по склону хребта по направлению к морю [22, с.78].

При этом наблюдается значительное ускорение движения воздушного потока, которое характеризуется неравномерной скоростью и порывистостью. Именно этими условиями Ф.Ф. Врангель объясняет физический смысл возникновения боры в районе Цемесской бухты, возникновение которой приносит резкое понижение температуры воздуха до отрицательных значений.

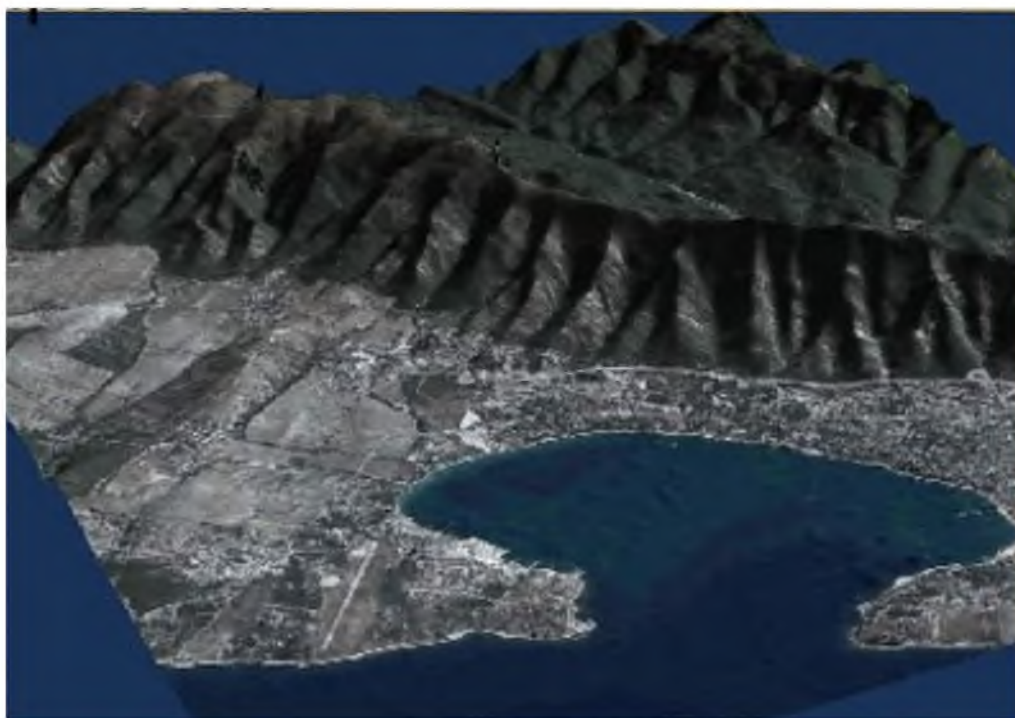


Рисунок 1.1 – Мархотский перевал

Также Ф.Ф. Врангель первым из исследователей обратил внимание на возникновение облачного вала над хребтом Варада, который впоследствии расползается по склону хребта в виде облачных элементов опускаясь практически к горному подножию.

Врангель указал на то, что во время сильного порывистого ветра в

Цемесской бухте, на другой стороне хребта, в районе Геленджика, ветер значительно слабее (рисунок 1.1).

Работы еще одного ученого Н.А. Коростелева основанные на инструментальных метеорологических наблюдениях конца 19 - начала 20 веков МС Новороссийский порт и МС Мархотский перевал за временной период 10 лет также заслуживают внимания [14, с.145].

В работе проведен анализ данных основных метеорологических элементов, таких как температура воздуха, влажность, давление и параметры в ветра, во время случаев боры.

Именно Н.А. Коростелев первым из исследователей отметил физический смысл возникновения боры, не как явления, на которое оказывают влияние местные факторы, а как составляющей циркуляции атмосферы, на которую оказывают влияние местные условия, трансформируя первоначальные свойства воздушного потока.

К одному из факторов, влияющих на преобладание в исследуемом районе побережья северо-восточных ветров относится большой барический градиент, который возникает между юго-восточными районами России и Черным морем.

Также, как и Ф.Ф. Врангель, Н.А. Коростелев придерживался теории скопления воздушных масс над горным хребтом и дальнейшим их обрушением к подножию хребта одной из причин возникновения боры, но, в своих работах ученых продвинулся значительно дальше, объясняя скопление воздуха неустойчивым состоянием атмосферы.

Благодаря исследованиям Н.А. Коростелева подтверждено более раннее исследование Ф.Ф. Врангеля, что в холодное время года в период с октября по март включительно, скопление масс воздуха на горном хребте Варада

обусловлено именно температурным контрастом между Кубанской равниной и поверхностью Черного моря, и между Новороссийском и горным хребтом Варада, который связан с Мархотским перевалом [9, с.99].

Также ценность первых исследовательских работ Н.А. Коростелева обусловлена выявлением первых попыток предсказания боры как явления, основанных на предсказании возникновения барических минимумов и максимумов и пути их продвижения по территории. Т.е., можно отметить, что в работах Н.А. Коростелева впервые было описано влияние синоптических процессов на погодные условия на территории страны в целом, и на Черноморском побережье в частности.

Стоит отметить, что все работы прошлого века имеют общий физический смысл, который заключается в выделении главного фактора возникновения сильного северо-восточного ветра на Черноморском побережье и боры в районе Цемесской бухты, а именно, наличия области высокого давления к северу от Черного моря и области пониженного давления над Черным морем, которые в свою очередь обуславливают большой барический градиент. Стоит отметить также, что с открытием эпохи инструментальных наблюдений исследования боры стали более значимыми.

Первые метеорологические станции в районе Черноморского побережья были открыты в 1890 г по инициативе Министерства путей сообщения, и были связаны со строительством морского порта в данном районе, и, следовательно, необходимостью знаний о погодных условиях.

В районе Цемесской бухты были открыты сразу три метеорологических станции: две на противоположных сторонах Цемесской бухты - на югозападном и северо-восточном берегах и третья - на Мархотском перевале.

Открытие сразу трех метеорологических станций обусловлено именно возникновением явления боры в районе Цемесской бухты, которая могла стать значительным препятствием для развития портовой и морской деятельности.

Следовательно, для снижения риска, необходимо было серьезно подойти к вопросу изучения физического смысла явления и своевременного

прогнозирования боры [7, с.68].

Три метеорологические станции в районе Новороссийска проводили непрерывные наблюдения в течение 50 лет, и только во время Великой Отечественной войны, станция в районе Мархотского перевала была разрушена, а наблюдения на двух станциях приостановлены на целый год.

После освобождения Новороссийска наблюдения возобновились, а в 1951 году открылась заново отстроенная станция Мархотском перевале, при этом в программу наблюдений трех станций добавились наблюдения в районе населенных пунктов Анапа, Геленджик и с. Ахонк [27].

В том же году, для более детального изучения верхних слоев тропосферы на МС Мархотский перевал стали проводить шаропилотные наблюдения по базовой программе наблюдений. Аналогичные шаропилотные наблюдения проводились в эти годы и в районе Геленджика на Михайловском перевале.

Проведение столь глубоких систематических исследований боры затронули период с 1951 по 1955 гг. и позволили не только выявить основные причины и условия возникновения боры, но, и на основании полученных данных составить существующую классификацию боры, актуальную и на сегодняшний день. Также, благодаря исследованиям тех лет, выявлено, что новороссийская бора имеет схожие условия образования с ветрами, которые возникают в районе берегов Антарктиды и в районе высокогорных районов России.

1.2 Основные условия возникновения Новороссийской боры

Как уже упоминалось, в настоящее время определение боры включает ветры, которые встречаются в различных частях земного шара при определенных климатических и орографических условиях.

Обязательным орографическим условием является наличие на территории горных хребтов, имеющих относительно небольшую высоту, протянувшиеся вдоль берега моря [19, с.94].

К отличительной климатической особенности территории Черноморского

побережья Краснодарского края относится возможность возникновения сильных ветров в течение всего года, независимо от сезона.

В холодное полугодие прибрежные территории края нередко находятся под воздействием боры, которая представляет собой сильный северо-восточный ветер, характеризующийся большой порывистостью и приносящий резкое понижение температуры воздуха (рисунок 1.2).

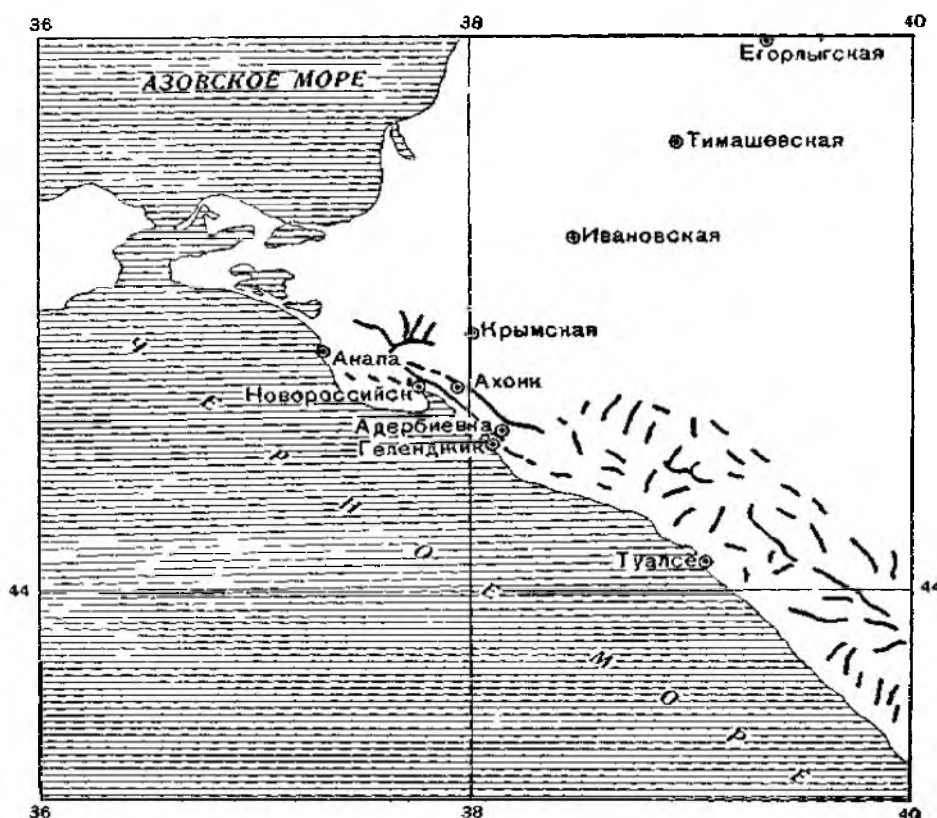


Рисунок 1.2 – Карта района действия Новороссийской боры и схема горных хребтов [18, с.67]

Особенно сильно негативное влияние боры проявляется на участке восточного побережья Черного моря от Анапы до Туапсе.

При этом на всей территории возникновения боры наблюдается при определенных условиях, которые являются общими для всех районов.

Как уже описывалось в первой главе, в первую очередь, на возникновение боры оказывают влияние значительные температурные градиенты, возникающие вследствие различия температур между материком и морем. И которые в свою очередь, обуславливают большие барические градиенты, направленные от суши к

морю [15, с.12].

Вследствие этих условий отмечается увеличение скорости ветрового потока, который движется в направлении к морю, и, на пути которого возникает перпендикулярно морю, протянувшийся сплошной горной грядой хребет соотнoсительно малыми высотами.

В рассматриваемом в работе районе Новороссийска таким препятствием является Маркотхский хребет, наивысшая высота которого составляет всего 720 м (рисунок 1.3).

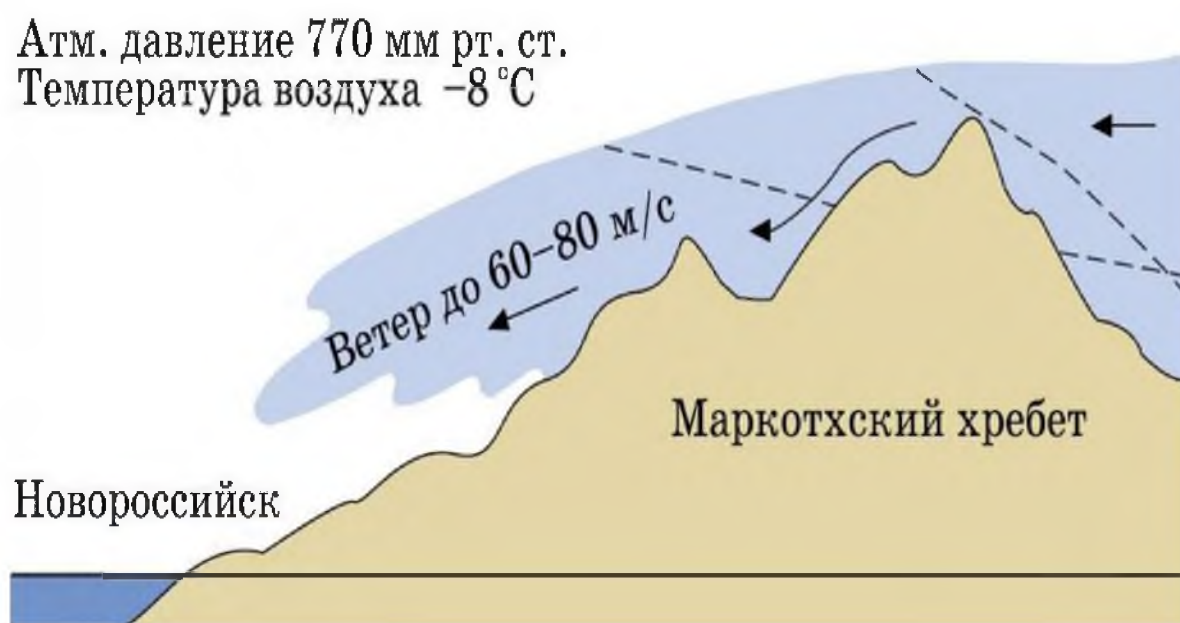


Рисунок 1.3 – Схема перекаливания ветрового потока через Маркотхский хребет[11, с.123]

Именно наличие горных хребтов, расположенных параллельно морю вынуждает воздушный поток преодолевать препятствие, перекаливая через невысокий хребет огромное скопление воздушных масс, которые далее обрушиваются с огромной силой к подножию противоположного склона, увеличивая и без того высокую скорость ветра.

Перекаливаясь через этот хребет, скорость бoры может усиливаться до штормовых значений, в отдельных случаях более 40 м/с, при этом может

отмечаться резкое падение температуры воздуха на 20°C [8, с.689].

Следовательно, можно отметить, что, в случае если воздушный поток, движущийся в направлении моря, имеет высокую скорость ветра, более 8 м/с, а встречаемое им горное препятствие не превышает высоты 1000 м, воздушному потоку хватает энергии подняться вверх по склону хребта, перевалив который, ветер под действием силы тяжести, быстро движется вниз.

Рассмотрим возможные модели развития бory (рисунок 1.4).

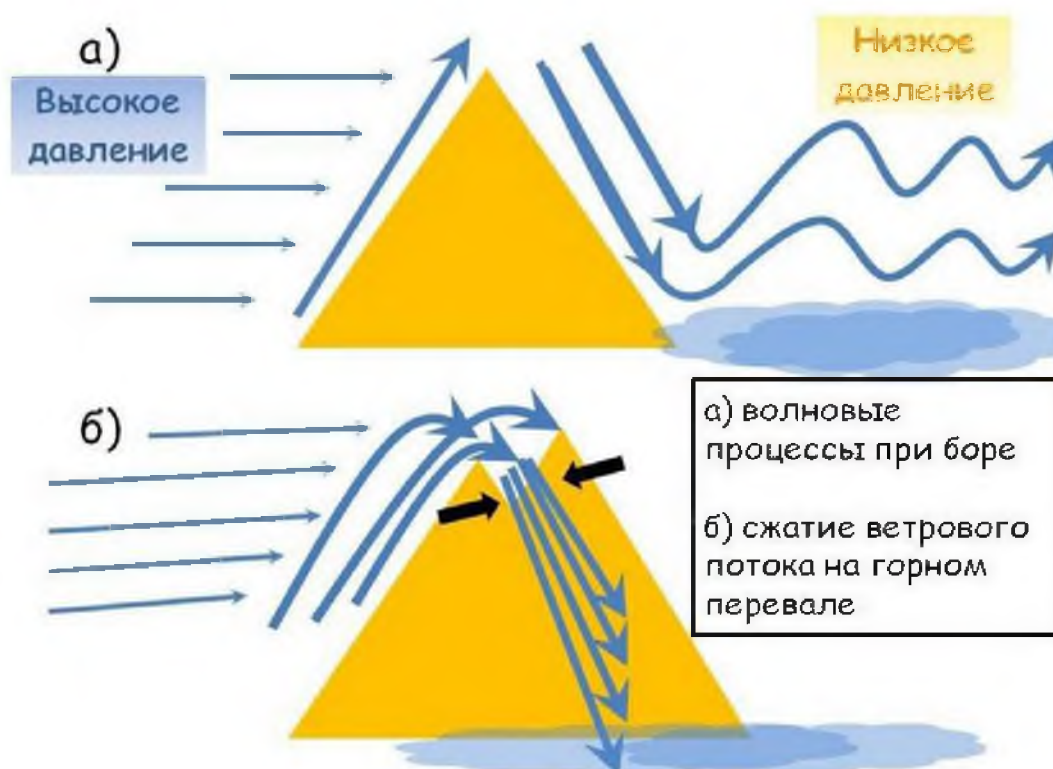


Рисунок 1.4 – Возможные модели развития бory

На данной схеме можно рассмотреть два типа развития бory: при возникновении невысокого горного препятствия на пути бory, который воздушный поток легко преодолевает, и далее, под действием силы тяжести обрушивается вниз подножию хребта и к морю. При этом горный хребет влияет на первоначальное движение воздуха, создавая в воздушном потоке возмущения и заставляя его двигаться волнообразно.

И второй тип бory связан с сужением горного хребта. В случае если горное препятствие, встречающееся на пути воздушного потока, представляет собой

горный перевал, т.е., горный хребет сужается, оставляя относительно узкое ущелье для прохождения воздуха, в таком случае, воздушный поток начинает сжиматься, при этом линии тока воздушного потока также сужаются, и, как следствие, движущийся воздух приобретает большую скорость [5, с.9].

Увеличение скорости ветра в этом случае, также обусловлено и меньшим воздействием силы трения на ветер. При этом скорость ветрового потока - боры, в большинстве случаев достигает критерия опасного явления.

При таком ветре на море возникает сильное волнение, а в случае понижения температуры воздуха до отрицательных значений наблюдается обледенение судов и набережной [22, с.234].

Стоит отметить, что явление бора может быть довольно продолжительным. В декабре 1997 г в Новороссийске наблюдалась бора, продолжительность которой составила около 90 час, при этом, зафиксированная инструментально скорость ветра составила 45 м/с, а ветроизмерительные приборы под воздействием ветра вышли из строя.



Рисунок 1.5 – Обледенение в порту Новороссийск во время бора 1997 г

В первые же часы бора температура воздуха понизилась на 20°C,

опустившись с положительной 12°C , до отрицательных значений -20°C . Также резко понизилась температура моря в прибрежной зоне, опустившись с 12°C до 5°C [15, с.14].

Как следствие над морской водой в районе Цемесской бухты началось парение моря, которое значительно ухудшило дальность видимости до опасных значений – 500м и менее, что привело к нарушению навигации в порту Новороссийск (рисунок 1.5).

Стоит отметить, что сильная порывистость ветра и ураганные скорости характерны для большинства случаев новороссийской бory. При этом явление может сопровождаться температурной инверсией и развитой облачностью в районе Маркхотского хребта (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 –Скопление облаков над горными районами во время бory

Не стоит забывать, что бора может возникать и в теплое полугодие, в том числе, и в летнее, но, ее интенсивность и сила проявления значительно ниже, чем в холодное полугодие. В это время года ветер такого типа вследствие небольшого температурного градиента, возникает из-за адиабатического прогрева воздуха, что обуславливает приход теплого воздуха на прибрежные регионы. Поэтому

можно говорить о возникновении фенового явления.

В среднем, в районе Цемесской бухты число дней с борой составляет от 50 до 70 дней при средней продолжительности явления от 2 до 4 дней [17, с.48].

Рассмотрим физическое описание возникновения боры. Как мы выяснили выше в этой главе, бора относится к ветрам горного типа, т.е., в первом приближении бора определяется отношением скорости ветра V к высоте горы h и частоте плавучести N в нижнем слое атмосферы на высотах, сравнимых с высотой горы. Если обозначить через V_0 объем 1 кг падающего холодного воздуха при достижении им высоты x , через V – объем 1 кг воздуха, находящегося в покое, и через ds – элемент объема воздуха, то $\frac{ds}{V_0}$ будет равен

$$V_0$$

весу воздуха в объеме ds , а $\frac{ds}{V}$ – архимедова сила, противодействующая V падению объема воздуха большей плотности. Таким образом, при $V > V_0$ сила,

влекущая тяжелый воздух вниз, будет равна $\frac{V_0}{V} \frac{ds}{V_0}$ (направление вниз

$$V_0$$

характеризуется отрицательным знаком у члена $\frac{V_0}{V}$). Ускорение движения

$$V_0$$

падающего объема воздуха может быть записано так:

$$\frac{1}{V_0} \frac{ds}{ds}$$

$$ds$$

$$q = v g \frac{V_0}{V} - \frac{V_0}{V} g \quad (1.1)$$

$$V_0 g$$

Где, v – скорость падения воздуха;

$\frac{ds}{V_0}$ – масса падающего воздуха; $V_0 g$ – ускорение силы тяжести.

Так как состояние опускающегося объема воздуха будет изменяться, будет меняться и величина влекущей силы.

Для учета этого изменения выпишем уравнение Пуассона:

$$\frac{p_0 T_0 t_0}{p T_0 t} \quad (1.2)$$

Где, p – давление;

$T_0 + t_0$ – изменение температуры с высотой; p_0 – начальное давление падающего воздуха.

На основании закона Клапейрона – Менделеева запишем: для спокойного воздуха на высоте x при постоянной температуре во весь толще воздуха, равной t_0 :

$$R T^0 t^0 \quad (1.3) \quad V_0 p$$

Где, V_0 – начальная сила;

R – газовая постоянная;

$T_0 + t_0$ – изменение температуры с высотой; p – давление.

Для падающего воздуха на той же высоте уравнение принимает вид:

$$R T_0 t_1 \quad (1.4) \quad V$$

p

Где, p – давление;

R – газовая постоянная;

T_0 – абсолютная температура (273°);

T_1 – температура падающего воздуха.

Далее уравнение можно представить в следующем виде:

$$\frac{V_0 T_0 t_0}{V T_0 t_1} \quad (1.5)$$

Где, V/V_0 – сила, влекущая тяжелый воздух вниз; $T_0 + t_0$ – изменение температуры с высотой.

Это выражение понадобится для перехода в уравнении от объемов к температурам.

Если подставить теперь в барометрическую формулу для случая, когда температура не меняется с высотой, то выражение приобретет вид:

$$(1.6) \quad p = p_0 e^{-\frac{\rho R T_0 h}{T_0 + t_0}}$$

Где, R – газовая постоянная;
 T_0 – абсолютная температура (273°); T_1 – температура падающего воздуха; p – давление.

Далее раскрыв полученное значение P из уравнения Пуассона, можно получить следующее выражение:

$$(1.7) \quad p = p_0 e^{-\frac{\rho R h}{T_0 + t_0}}$$

Где, V_0 – начальная сила;
 R – газовая постоянная;
 $T_0 + t_0$ – изменение температуры с высотой;

Используя выражение (1.7) после некоторых преобразований, получим:

$$(1.8) \quad \frac{V_0}{V} = \frac{T_0 + t_0}{T_0 + t_1} e^{\frac{\rho R h}{T_0 + t_0}}$$

Где, V/V_0 – сила, влекущая тяжелый воздух вниз; T_0+t_0 – изменение температуры с высотой.

Подставив формулу (1.3) в выражение (1.8) получим следующее выражение:

$$x \frac{dh}{dx} = \frac{q}{dt} \frac{dv}{dx} = \frac{T_0}{T_0 + t_1} e^{-\frac{R}{T_0} t_1} \frac{1}{1 - \frac{v^2}{g}} \quad (1.9)$$

Где, v – скорость падения воздуха;

ds

— масса падающего воздуха; $V_0 g$ – ускорение силы тяжести.

После интегрирования получается следующее выражение для определения v при условии: $x = h, v_h = 0$

$$x \frac{dh}{dx} = \frac{v^2}{2g} \frac{1}{1 - \frac{v^2}{g}} = \frac{R T_0}{2g} \left(1 - e^{-\frac{R}{T_0} t_1} \right) \quad (1.10)$$

Где, v – скорость падения воздуха;

ds – масса падающего воздуха; $V_0 g$ – ускорение силы тяжести.

Полученная зависимость явилась конечным результатом физического описания возникновения боры и подтверждает, что действие гравитационной силы является не единственным, но, очень важным фактором в возникновении боры.

2 Характеристика физико-географических условий района Новороссийск

2.1 Физико-географическое положение

Новороссийский район занимает юго-западную часть Краснодарского края и протянулся вдоль Черноморского побережья от Анапского района до Геленджика. Центром района является МО Новороссийск (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Расположение Новороссийского района на карте Черноморского побережья Краснодарского края

К географическим особенностям района исследования относится расположение между Черным морем и Кавказским горным хребтом. Параллельно морю в направлении с северо-запада на юго-восток протянулись горные отроги – Маркотхский хребет, подступающий практически к городу и западнее в районе оз.Абрау-Дюрсо хребет Навагирский [16, с.67].

Со стороны моря на юго-востоке находится Цемесская бухта, которая вдается глубоко в материк, как бы деля город на две огромные части – западную и восточную. Цемесская бухта является одной из самых глубоких на

Черноморском побережье Краснодарского края, при этом ее длина составляет чуть более 15 км от крайней точки м. Дообский до устья одноименной р.Цемесс, которая впадает в бухту. Ширина бухты варьирует от 5 км на внешней границе до 4 км в материковой части. На внешнем рейде ширина бухты превышает 10 км (рисунок 2.2).

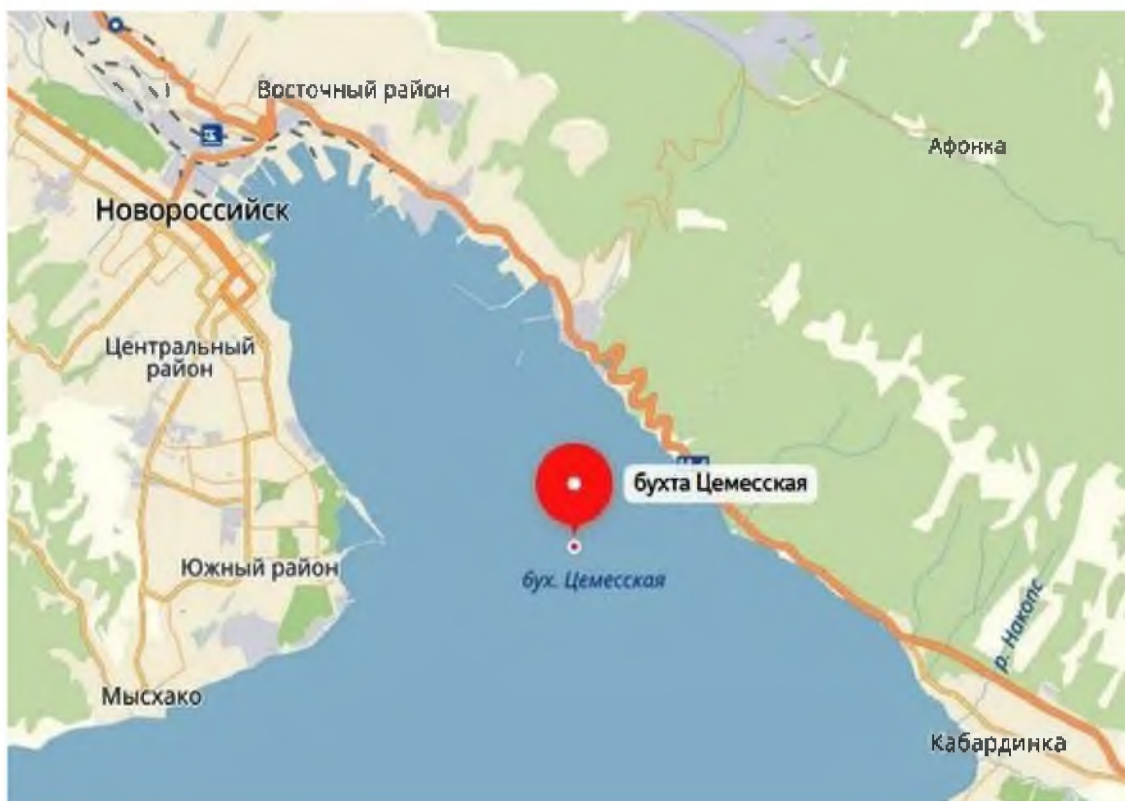


Рисунок 2.2 – Расположение Цемесской бухты на карте [13, с.34]

На восточной границе Цемесской бухты практически параллельно берегу близко к бухте протянулись горные системы двух горных хребтов – Свинцового и Варада, которые являются отрогами горной системы Кавказ. Поэтому восточный берег бухты сложен горными породами, имеет более высокий и обрывистый рельеф. Несмотря на это, сама береговая линия бухты плавная. На всем протяжении берега, расстояние которого составляет почти 17 км, береговой изрезанности практически нет [24, с.65].

На западной границе Цемесской бухты имеется три мыса – Пенай, Дообский и Шесхарис. Западный берег отличается разнообразием - в районе м. Шесхаристый – скалистый, далее по направлению к Суджукской лагуне берег

сложен галькой различной фракции, которая постепенно переходит в пересыпь ближе к Суджуку. Сами горные мысы имеют скалистое сложение, сложены пластами мергеля и характеризуются сильной обрывистостью. В отличие от восточного берега, западный отличается меньшей гористостью, береговые склоны более пологие [3, с.126].

В материковой стороне берег плавно переходит в Навагирский хребет, в наивысшей горной вершиной Сахарная Голова, высота которой 550м и второй вершиной – г. Колдун (450м), которая образована вследствие опускания древнего прибрежного хребта.

Именно вследствие древних геологических процессов, в результате поднятии и опускания горных хребтов более 100 млн.лет назад образовалась Цемесская бухта. Из рек, протекающих в районе Новороссийска и впадающей в Цемесскую бухту самой известной является р. Цемесс, берущая свое начало в горных хребтах Кавказа.

Для защиты судов от ветров южной составляющей в бухте расположены два мола – восточный и западный. Для судов построены два рейда – внешний и внутренний, разделенные между собой молами.

Морской порт незамерзающий и относится к портам круглогодичной навигации, но, во время сильной бory в бухте, иногда может наблюдаться образование льда. Несмотря на течения, которые направлены в стороны Анапы, водообмен в бухте слабый, что обусловлено влиянием мола на западе и Суджукской косы на востоке, сдерживающих течение и перемешивание вод.

В основании бухты расположен г. Новороссийск, в котором проживает более 350 тыс. человек.

Рельеф на всей территории Новороссийского района представлен предгорными и горными районами. Наиболее близко к береговой части располагается хребет Варада, который представляет собой череду горных гряд, которые практически не прерываются на протяжении более 30 км.

Высота склонов горного хребта на всем его протяжении не превышает 400-500м. Склоны хребта, которые обращены в стороны моря более крутые и

обрывистые, но, по мере приближения к берегу приобретают пологий характер [10, с.34].

Второй хребет - Свинцовый, располагается за Варада, пологий, с менее крутыми склонами, вершины которых колеблется от 250-450 м, исключение составляет г. Свинцовая, высота, которой достигает 650 м, расположенная в 20 км от г. Новороссийск. В направлении к северо-востоку от города высота хребтов постепенно понижается и плавно переходит в Кабардинскую низменность.

Кавказские горы относительно молоды, горные породы хребтов в районе Новороссийска сложены в верхнем меловом периоде, примерно 100 млн. лет назад, сами осевые хребты сложены более древними породами, имеющими возраст около 125-150 млн. лет. [26, с.87].

Возникновение кавказских гор связывают с древними тектоническими процессами, в результате которых две огромные плиты Аравийская и Евразийская столкнулись между собой и на поверхность земли поднялись края плит. В силу молодости, горообразование в горах Кавказа наблюдается и в настоящее время.

В районе Новороссийска вследствие древних геологических процессов в результате, которого часть морского дна поднялась на поверхность, горные породы представлены мергелем, сложенным из осадочных пород преимущественно глинисто-известкового состава, представляющего собой остатки раковин древних морских моллюсков. Также в горных породах встречаются слюда, песчаники, сланцы. Много известняка.

Мергель в большом количестве встречается практически на протяжении всего восточного побережья Черного моря, а на участке от Верхнебаканского до Б.Сочи горные хребты сложены из мощных пластов мергеля. В хозяйственной деятельности мергель является сырьем для изготовления цемента высокого качества, поэтому в районе Новороссийска хорошо развита цементная промышленность.

Через г. Новороссийск протекает река Цемесс, долина которой проходит параллельно Маркотхскому хребту, и далее впадает в Цемесскую бухту пересекая невысокие горные отроги хребта, спускающиеся в прибрежные районы. Также по

территории района протекают более мелкие реки, такие как р. Абрау, р. Дюрсо, Баканка и др. [9, с.94].

Есть на территории города и озеро Соленое, которое представляет собой часть Черного моря, отделенное от него морскими наносами.

Достопримечательностью Новороссийска является известное пресноводное озеро Абрау, которое является одним из самых больших пресноводных озер Краснодарского края.

Сам город Новороссийск занимает оба берега бухты, причем, предприятия цементной промышленности сосредоточены на восточном берегу бухты, а спальные районы располагаются на западном берегу.

На рисунке 2.3 представлена схема расположения основных градообразующих промышленных предприятий Новороссийска (рисунок 2.3).

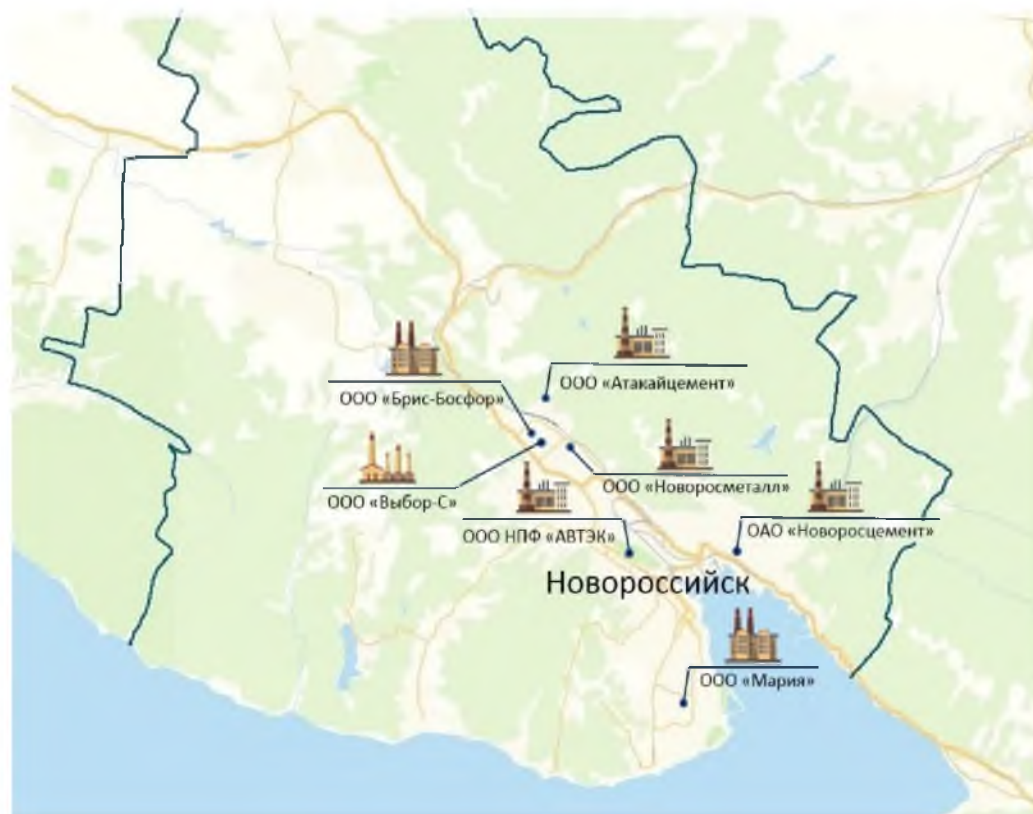


Рисунок 2.3 – Расположение градообразующих промышленных предприятий Новороссийска на карте города

Как уже упоминалось выше, вследствие больших запасов в горных породах мергеля в Новороссийске развита цементная промышленность, что обуславливает

хорошо развитое производство цемента. Поэтому к градообразующим предприятиям относят следующие крупные цементные заводы: ОАО «Новоросцемент», группа компаний «Интеко», Верхнебаканский цементный завод и ООО «Атакайцемент». Также в городе развита машиностроительная отрасль, крупными предприятиями являются заводы «Красный двигатель» и «Молот».

Новороссийск крупнейший морской порт России, который относится к стратегическим предприятиям, имеющим важное значение для страны.

Грузооборот порта по импортированным и экспортируемым грузам в 2025 году составил более 250 млн. т., всего через порт Новороссийск проходит более 25% общего объема грузов страны.

Благодаря работе порта осуществляется морская деятельность, между Россией и странами Азии, Африки, Южной Америки, Востока.

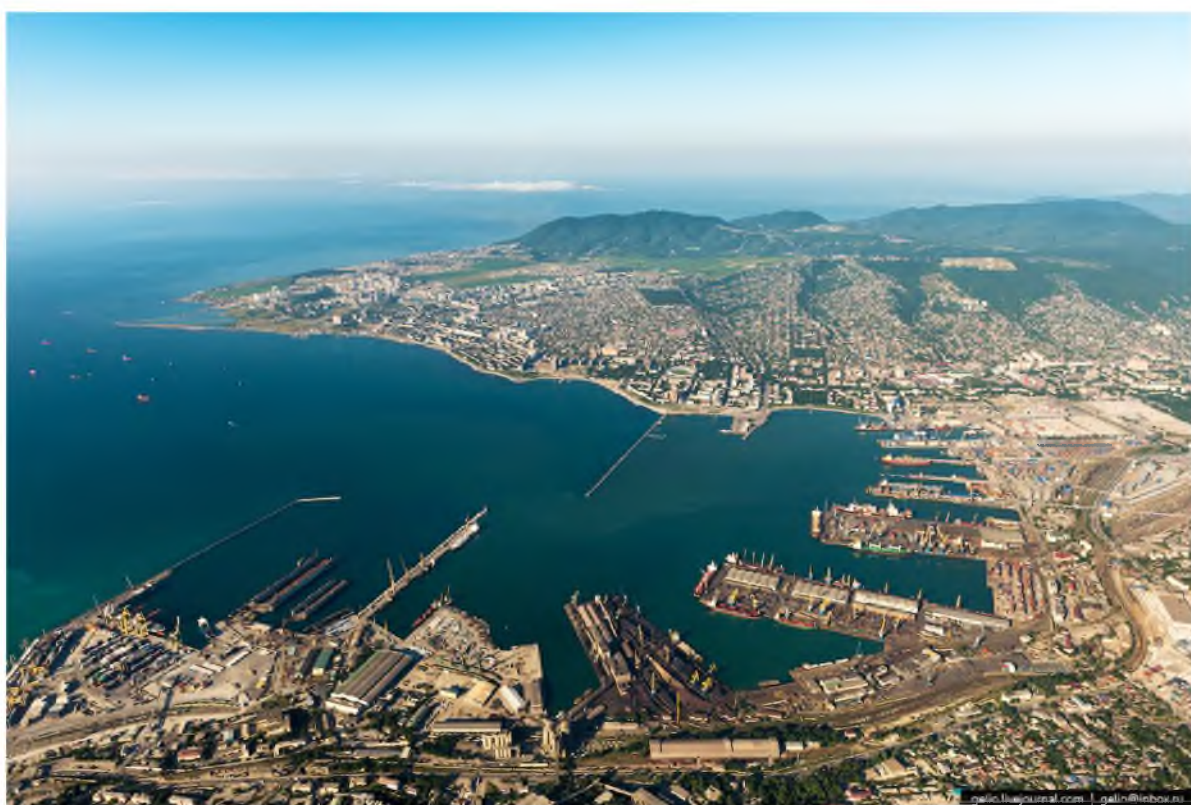


Рисунок 2.4 –Схема размещения морского порта Новороссийск [13, с.35]

Морской порт Новороссийск занимает площадь 238 га, протяженность причального фронта более 15км включает в себя 90 наливных и сухогрузных

причалов. Глубина наливных причалов составляет около 15 м, сухогрузных – 12 м. Причалы Шесхарис оборудованы нефтепроводами и имеют глубину до 25 м, при этом, все причалы оборудованы необходимыми механизмами для отгрузки и погрузки грузов. Также в порту имеются плавучие краны и шлангоприемники.

В целом мощности порта хватает чтобы отправлять и принимать различные грузы как навалом, так и контейнерным способом, продовольственных и непродовольственных товаров, лес, уголь, зерно, различные виды нефтепродуктов и сырую нефть.

Именно в г. Новороссийске расположен головной офис Новороссийского морского пароходства, которое относится к крупнейшему морскому предприятию страны.

Помимо грузового порта имеется пассажирский порт Новороссийск, готовый принимать большие суда типа лайнеры с осадкой до 19м (рисунок 2.4).

Для обеспечения работы порта в круглогодичном режиме, для проведения погрузочно-разгрузочных работ, для безопасной морской навигации, необходимо знать гидрометеорологическую ситуацию для своевременного предупреждения возникновения опасных явлений.

Наибольшую опасность для работы морского порта Новороссийск представляет сильный ветер северо-восточного направления, который в большинстве случаев достигает штормовых значений – боры.

При возникновении боры суда, которые находятся в бухте выводятся в открытое море и вынуждены по несколько суток стоять на рейде в районе якорной стоянки или уходить в ближайшие порты. Т.к., при боре в зимнее время года температура сильно опускается, что в комплексе с сильными порывами ветра обуславливает обледенение судов, что грозит опрокидыванию судна. Вход в бухту при боре невозможен.

2.2 Характеристика синоптических условий

Для развития сильного ветра на Черноморском побережье одного только

невысокого хребта у моря недостаточно. Бора будет слабой, если не сложится определенная синоптическая ситуация.

Скорость ветра при боре и ее суровость зависят от того, как распределится атмосферное давление на огромной (размерами в сотни километров) территории и акватории вокруг хребта [9, с.94].

Над водоемом давление должно быть пониженным, что достигается либо если вода (от которой нагревается воздух) теплее суши (так бывает, например, зимой в непокрытом льдом море или озере), либо если над морем находится циклон. А за хребтом давление должно быть, наоборот, повышенным (там должен располагаться антициклон).

Чем сильнее контраст между давлением на суше и на море, тем выше скорость ветра. Бора в Новороссийске наблюдается во все сезоны, чаще всего — в холодный период года, поскольку именно в это время контрасты давления наиболее значительны.



Рисунок 2.4 – Предвестник возникновения боры - облачный вал над Маркотхским хребтом

Территория Восточно-Европейской равнины зимой обычно покрывается снегом и выхолаживается, из-за чего приходящие туда антициклоны усиливаются (то есть в них растет давление), а значит, разница давления между сушей и морем возрастает.

Более того, формирующийся зимой мощный Сибирский антициклон с очень холодным воздухом часто распространяется и на территорию Восточно-Европейской равнины. В итоге порции тяжелого холодного воздуха, приходящие к Кавказскому побережью Черного моря, накапливаются перед невысоким хребтом, переваливают через Маркотхский перевал и обрушиваются на Новороссийск.

Перед началом действия боры непосредственно на прибрежном горном хребте обычно появляются облака, от которых отрываются клочья, спускающиеся вниз по горным склонам. Затем начинает дуть порывистый, резко меняющий направление ветер (рисунок 2.4).

Новороссийская бора наблюдается всякий раз, когда над европейской частью России и Украиной устанавливается антициклон, а над юго-восточной частью Черного моря - циклон. Холодные массы воздуха в антициклоне устремляются к югу, захватывая район Азовского моря и Северный Кавказ. Дальнейшему продвижению холодного воздуха к югу над морем препятствует циклон, а над Северным Кавказом высокие горы. На участке сближения антициклона с севера и циклона с юга в районе от порта Анапа до порта Туапсе возникает большой барический градиент, следствием которого является сильный северо-восточный ветер.

Влиянием акватории Черного моря на термическое состояние прилежащего слоя воздуха к морю обуславливает особенности циркуляции атмосферы над Черным морем. Сложившаяся циркуляция атмосферы над морем на фоне общего зонального переноса над Европой, обладает хорошо выраженными меридиональными чертами.

Зимой при распространении Сибирского антициклона на восток Европы и на Черное море возникают устойчивые и сильные северо-восточные ветры,

приносящие холодный и сухой континентальный воздух умеренных широт.

При ослаблении Сибирского антициклона создаются условия для поступления теплого воздуха с Атлантики и Средиземного моря, что приводит к развитию циклонической деятельности. При этом происходит повышение температуры воздуха и смена ветров на западные и южные направления [24, с. 79].

В районе Цемесской бухты в осеннее и зимнее время для всех случаев боры область пониженного давления (депрессия) над Черным морем может проявляться в следующем виде:

1.Выходом южного циклона (или его ложбины), смещающегося через Малую Азию со Средиземного моря на Черное. Такие циклоны характерны для холодной половины года и, особенно, для переходных сезонов, т. е, наблюдаются с сентября по май и исключительно редко в летние месяцы.

2.Областью, носящей муссонный характер: а) зимой — термически обусловленной областью пониженного давления над относительно теплым морем; б) летом — северной периферией области пониженного давления термического происхождения, занимающей территорию Малой Азии.

Рассмотрим основные схемы процессов, в результате которых возникает сильный северо - восточный ветер:

Антициклоны смещаются от Гренландии через Скандинавию и Прибалтику на Восточную Европу. Сравнительно редко центры антициклонов достигают южных районов Европейской территории ЕТР. Отдельные гребни, и небольшие ядра антициклонов иногда распространяются на нижнее течение Волги и север Каспия.

На Юге Атлантики обычно располагается Азорский максимум, а над Западной и Центральной Европой располагается перемычка высокого давления, разделяющая циклоны, которые смещаются на восток по северу Европы и гребень Азорского максимума, распространяющегося на южные районы Европы.

Центры антициклонов смещаются с севера на юг, от Шпицбергена через Финляндию на Белоруссию или через Кольский полуостров на центральные

районы ЕТР или север Украины (Приложение Связанные с этими антициклонами вторжения холодных воздушных масс активизируют циклоническую деятельность над южными морями. Над северо-востоком ЕТР в это время концентрируются гребни высокого давления.

Схема процессов связана с Сибирским антициклоном. Отрог Сибирского антициклона распространяется к юго-западу, в основном на Украину, но иногда занимает всю ЕТР. Над Западной Европой в это время развивается циклоническая деятельность. В тылу циклонов, в массе холодного воздуха формируются антициклоны, которые смещаются к юго-востоку через Скандинавию на Европу[6].

На картах барической топографии для описанных процессов характерно наличие сильно развитого высотного гребня над Центральной Европой и западной половиной ЕТР, простирающегося до полярного бассейна и глубокой ложбины над востоком ЕТР, ось которой направлена на юго-запад.

По восточной периферии высотного гребня происходит распространение холода далеко к югу, вплоть до Черноморского бассейна. Резко выраженные области холода над востоком и юго-востоком ЕТР отмечаются на карте относительной топографии 500/1000гПа. На картах барической топографии обнаруживается обычно хорошо выраженная высотная фронтальная зона, располагающаяся в широтном направлении вдоль восточных берегов Средиземного моря, над Малой Азией и Кавказом.

Следующие процессы характерны в равной степени для любого времени года:

Антициклоны с Атлантики через Британские острова проходят на Прибалтику и на центральные районы ЕТР через Белоруссию. Циклоническая деятельность развивается над югом Атлантики, юго-западом Европы и Средиземным морем, откуда циклоны проходят на Малую Азию и Черное море. От Исландии на Баренцево море смещаются циклоны, в тылу которых формируется антициклон и проходит через Ботнический залив. Этот антициклон усиливается над западом ЕТР.

Антициклоны (нередко Азорского происхождения) или их отроги проходят через Юго-Западную Европу на юг ЕТР. Центры антициклонов формируются над Белоруссией и Польшей и центральными районами ЕТР.

Циклоническая деятельность занимает большие районы Атлантики: центры основных циклонов проходят от Исландии на Баренцево море, а их ложбины и развивающиеся в них центры через Англию, юг Скандинавии и Финляндию проходят к Новой Земле. Вся северная половина ЕТР примерно от 55-й параллели и севернее бывает, занята циклонической деятельностью.

В холодную половину года, когда чаще всего наблюдается бора, над севером Черноморского побережья Кавказа особенно ярко проявляется муссонный фактор, определяющий барический фон, на котором развиваются процессы для данного района.

Значительные контрасты температур между выхолаженным материком и теплым Черным морем время от времени усугубляются за счет развития над ЕТР антициклонов, приходящих из полярных районов и обладающих низкой температурой.

При стационарном положении антициклона в течение нескольких дней над ЕТР температура в области антициклона обычно значительно понижается, как за счет выхолаживания, так и за счет продолжающегося притока холодной массы из северных областей, и горизонтальный температурный контраст в районе северного побережья Черного моря у земли в районе Новороссийска увеличивается.

Это обстоятельство приводит к обострению высотной фронтальной зоны, присущей холодной половине года над югом Восточной Европы, что способствует формированию частного циклогенеза над восточными районами Черного моря.

В зимний период фронт у поверхности земли обостряется, и циклоны быстро продвигаются со Средиземного моря на Черное, вызывая увеличение барического градиента и создавая благоприятные условия для возникновения северо-восточных бурь на Черноморско-Азовском побережье и развития на этом

фоне жестокой Новороссийской бory.

В летний период барические градиенты над бассейном Черного моря уменьшаются. Нередко все южные районы, в том числе и Черное море, находятся с запада отроги Азорского максимума. Но в условиях всего Черноморско-Азовского бассейна и Крымского полуострова создается своя летняя особенность микроциркуляции, включающая в сферу действия и Керчь-Туапсинский район. На этом фоне развивается кратковременное усиление северо-восточного ветра в Новороссийске и Туапсе.

Сильный северо - восточный ветер в районе Анапа - Туапсе вызывается взаимодействием депрессии над юго-востоком Черного моря и антициклоном над югом ЕТР.

Наиболее благоприятные условия для бory бывают в зимнее время, при полярном или ультраполярном вторжении. Она возникает сразу же после прохождения холодного фронта.

Синоптиками Новороссийского Гидрометбюро выявлены некоторые местные особенности усиления северо-восточного ветра. Так, усиление ветра в районе Новороссийска у поверхности Земли и на высотах до 1500 м начинается в большинстве случаев почти одновременно. Сильный северо-восточный ветер (бора) в слое от Земли до 1000 м наблюдается только над хребтом и к западу от него в сторону моря.

К востоку от хребта над всей Кубанью и Северным Кавказом в это время наблюдается слабый ветер.

Как указывалось выше, в этом районе отсутствует непосредственная связь между скоростью ветра и горизонтальным барическим градиентом. В связи с этим была выявлена зависимость между скоростью ветра и суммой разностей давления между Новороссийском и пятью точками удаленными от города на 100 км к СЗ, С, СВ, В, ЮВ. Однако для скоростей более 26 м/с эта связь проявляется лучше, если берется 6 точек удаленных от Новороссийска на 200 км к З, СЗ, С, СВ, В, ЮВ. Такая связь косвенно выражает зависимость скорости ветра от барического градиента.

Кроме того, непосредственно для Новороссийска имеются местные признаки боры:

При наличии благоприятной синоптической обстановки и усиления восточного ветра в районе Поти и падения давления в районе Троброна - Батуми - Сухуми, ветер в Новороссийске усиливается через 5-8 часов.

В теплое время года максимальное усиление СВ ветра наступает в момент прохождения ядра высокого давления через меридиан Новороссийска. Продолжительность такого ветра не превышает 12 часов.

Бора весьма вероятна при появлении облачного вала над хребтами, и его сползании по склонам гор в сторону моря в зимнее время года. При отрыве облачных масс от Марохотского перевала и их быстром смещении югозападном направлении СВ ветер в районе Новороссийска начинается через 2- 3 часа.

3 Анализ возникновения бory в районе МО Новороссийск

3.1 Влияние местных климатических условий на возникновение бory

В холодное время года для Новороссийска бора является одним из наиболее опасных явлений этого времени года, практически блокирующий жизнедеятельность города.

Именно в период с октября по март на территории складываются наиболее благоприятные условия для ее возникновения, когда над юговостоком умеренных широт России наблюдается устойчивый антициклон, а над водами теплого Черного моря развитая термическая депрессия.

Наличие в районе Новороссийска Маркхотского хребта также играет роль благоприятного фактора, т.к., переваливаясь через хребет холодные воздушные массы, приходящие с северо-востока имеющие в среднем скорость более 7м/с, еще более усиливаются вследствие конвергенции линий тока и с полной силой обрушиваются на прибрежные районы побережья (рисунок 3.1).

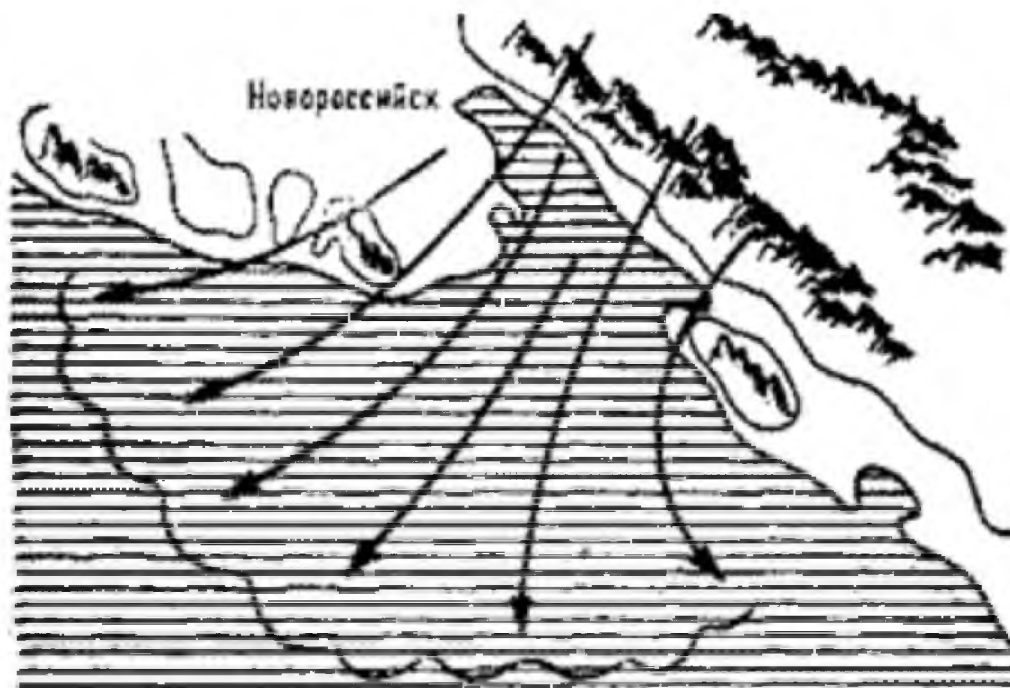


Рисунок 3.1 – Схема воздушных потоков при Новороссийском боре

Еще одним благоприятным фактором является ориентированность

Маркхотского хребта, который расположен параллельно морю и перпендикулярно воздушному потоку, поэтому именно в районе Новороссийска складываются наиболее благоприятные условия для развития бory.

В целом, можно отметить три основных этапа формирования Новороссийской бory:

- появление условной переходной зоны между антициклоном и циклоном в районе Черноморского побережья и в частности, в районе Новороссийска;
- переваливание воздушных масс над Маркхотским хребтом в районе Новороссийска;
- обрушение сильных северо-восточных ветров к подножию хребта и далее на прибрежные территории Новороссийска.

Рассмотрим физические механизмы развития бory в районе МО Новороссийск, которые характеризуются не только структурой воздушного потока, и его скоростью, но, и вертикальными и горизонтальными температурными градиентами в районе наветренного склона Маркхотского перевала, через который переваливается бора (рисунок 3.2).

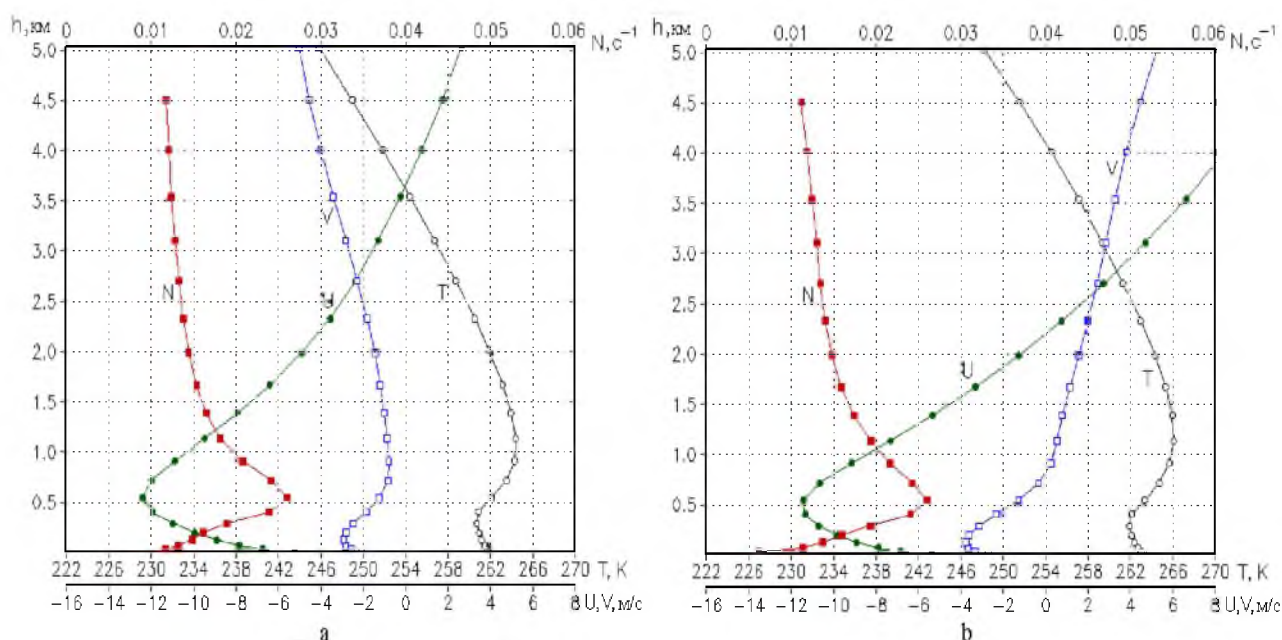


Рисунок 3.2 – Средние вертикальные профили температуры воздуха T , скорости ветра и частоты плавучести на широте 45° с. ш. 40° в. д.

На рисунке 3.2 представлены два механизма развития боры в районе МО Новороссийск, которые, рассчитываются по ретроспективному анализу погоды Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды. При этом, учитываются данные вертикальных профилей температуры воздуха, составляющих скорости ветра и частоты плавучести.

Можно отметить, что и в первом и во втором случае приходящие воздушные массы представляют собой приземный ветер со скоростью в пределах 12-15 м/с, при этом в приземном слое отмечается инверсия, и в этом же слое, в районе горных хребтов на высоте 0,5 - 0,6м отмечается максимальное значение.

Также, и в первом и во втором случае меридиональная скорость ветра в приземном слое составляла более 15 м/с, что для развития боры также является благоприятным фактором [6].

Следовательно, можно отметить, что в северной части Черноморского побережья Краснодарского края наблюдается наибольшее отклонение градиентного ветра и, складываются наиболее благоприятные условия для образования боры.

При этом именно на севере побережья начинаются Кавказские горы, отроги которого на протяжении всего побережья располагаются параллельно морю, то, подходя вплотную к береговой линии, то, отдаляясь вглубь материка. Благодаря этому береговой рельеф характеризуется отвесными обрывами, пологими склонами, горными террасами и др.

Для района Анапы характерным является относительно невысокие горы, высоты которых не превышают 300 м, далее в направлении к югу высота гор плавно повышается, и в районе Новороссийска достигают 600 м, а в районе Туапсе уже 2100 м.

Именно горные хребты защищают Черноморское побережье от проникновения холодных ветров, являясь своего рода защитным барьером от них. Хребты видоизменяют структуру ветрового потока, меняя их составляющую, например, ветры южной составляющей, поступающие из южных и юго-западных районов меняют направление на юго-восточное, и далее продолжают

перемещаться параллельно горным хребтам [6].

Рассмотрим климатические условия района исследования, которые также оказывают влияние на образование и характеристику бори.

Климат Новороссийска можно охарактеризовать в соответствии с классификацией климатов как морской климат умеренных широт, который характеризуется умеренно жарким летом и умеренно холодной зимой.

Относительно благоприятный температурный режим объясняется влиянием теплого Черного моря, воды которого работают как большой аккумулятор, накапливая тепло в теплое время года, охлаждая перегретые прибрежные районы, и, отдавая тепло в холодное время года, обогревая переохлажденный материк.

Средняя многолетняя температура морской воды составляет 15,6°C (таблица 3.1, рисунок 3.3).

Таблица 3.1 – Температура морской воды в районе Новороссийска

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	8,7	8,1	8,7	11,4	15,5	20,2	23,7	24,7	22,4	18,3	14,2	10,8	15,6

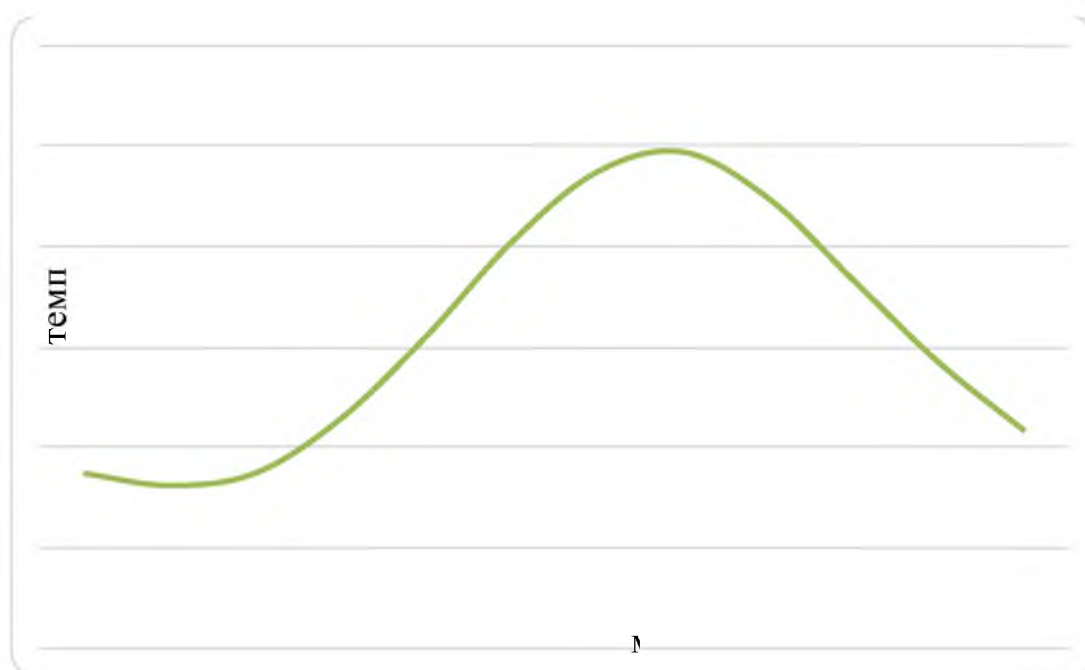


Рисунок 3.3 – Средняя температура морской воды в районе Новороссийска

При этом в холодное полугодие с середины августа до конца апреля, средняя температура воздуха над открытым морем выше, чем на побережье и лишь весной, начиная с мая и до июля распределение температур обратное (таблица 3.2, рисунок 3.4).

Таблица 3.2 – Сравнение температуры морской воды и воздуха в районе Новороссийска, °С

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
морская вода	8,7	8,1	8,7	11,4	15,5	20,2	23,7	24,7	22,4	18,3	14,2	10,8	15,6
воздух	2,7	3,0	6,0	11,0	16,0	20,4	23,8	24,0	19,2	14,1	8,8	5,2	12,8

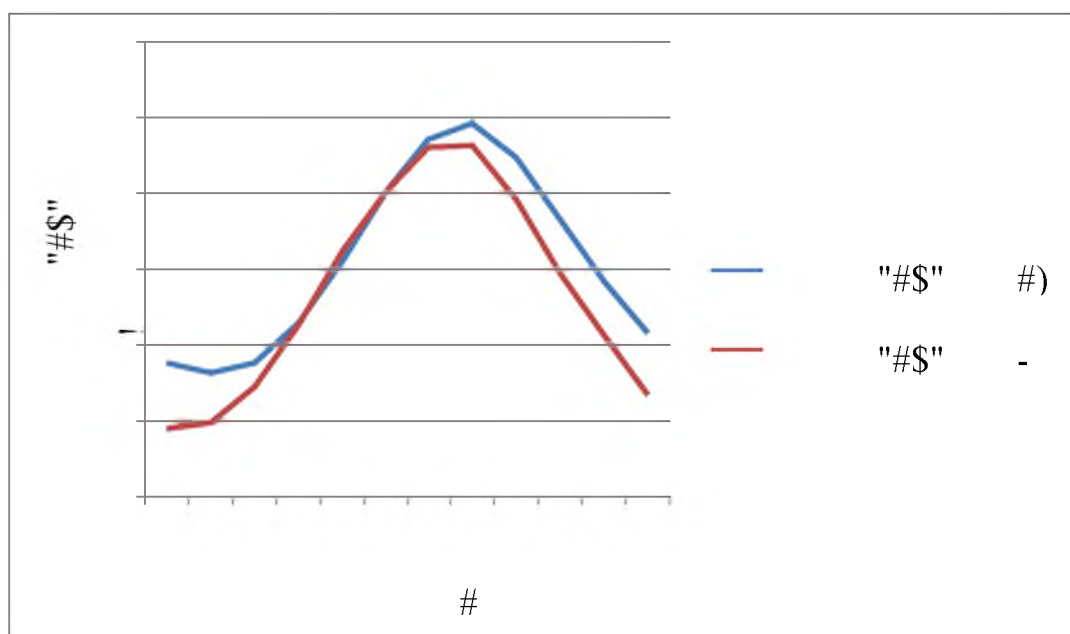


Рисунок 3.4 – Сравнение температуры морской воды и воздуха в районе Новороссийска

Среднегодовая температура воздуха в районе Новороссийска положительная и составляет 12,8°C. В годовом ходе среднемесячная температура января 2,6°C, в августе 23,7°C. Безморозный период составляет около 230 дней в году.

В прибрежных районах температурный режим отличается изменчивостью,

причем как в холодный период года, так и в теплое время года.

В зимнее время, могут наблюдаться периоды оттепелей, когда температура воздуха повышается до 20°C, а затем на смену оттепелям приходит резкое похолодание, и, температура опускается до отрицательных значений. Аналогично, могут наблюдаться изменения температуры и в летнее время года(таблица 3.3).

Таблица 3.3–Значения температура воздуха по данным ГМБ Новороссийск

Значения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	2,7	3,0	6,0	11,0	16,0	20,4	23,8	24,0	19,2	14,1	8,8	5,2	12,8
Абс. Максимум	18	22	26	29	34	35	41	39	36	35	25	22	41
Абс. Минимум	-24	-21	-17	-6	0	6	11	9	1	-4	-18	-23	-24

За весь период наблюдений на ГМБ Новороссийск абсолютный минимум составил -24°C, абсолютный максимум +41 °C(рисунок 3.5).

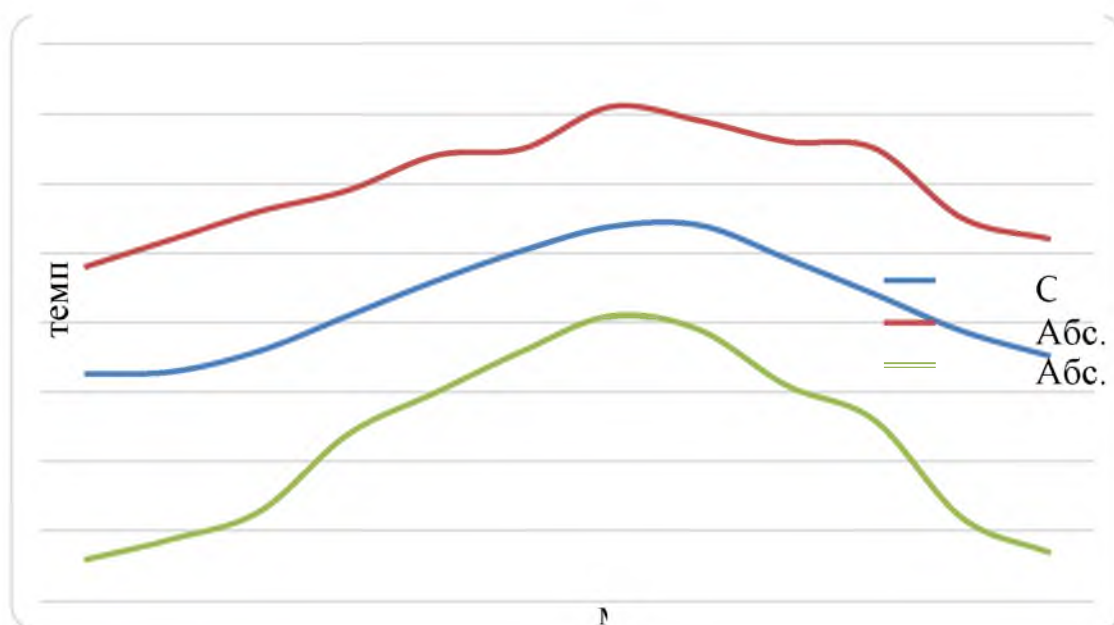


Рисунок 3.5–Средняя температура воздуха в районе Новороссийска

Для Новороссийска характерным является высокая относительная влажность воздуха, что связано с развитой в этом районе циклонической

деятельностью, особенно, в холодное время года. Поэтому, в годовом ходе, влажность воздуха выше в зимнее время, чем в летнее.

Среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 72 % (таблица 3.4).

Таблица 3.4–Средние многолетние значения влажности воздуха в районе Новороссийска, %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Относительная влажность воздуха, %												
77	76	74	72	73	70	64	63	65	71	76	77	72
Абсолютная влажность воздуха, гПа												
6,3	6,1	6,7	9,2	13,3	17,3	19,2	18,3	14,4	11,1	9,1	7,4	11,5

В январе, по многолетним данным, средняя месячная относительная влажность воздуха составляет 77 % (в районе полудня), а самого теплого месяца августа всего 63% (рисунок 3.6).

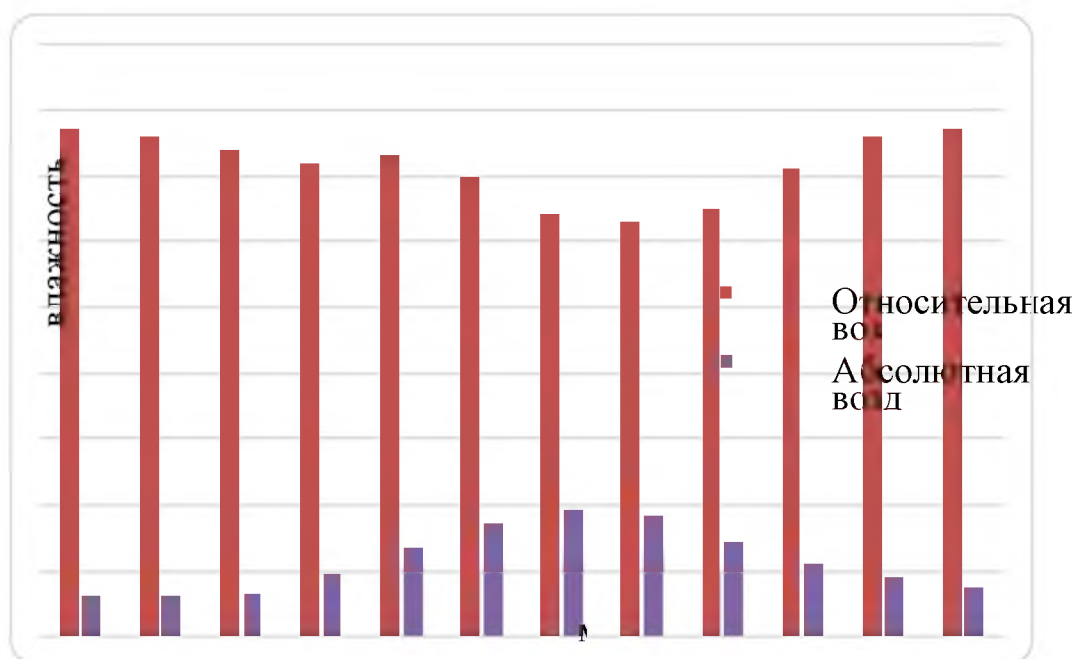


Рисунок 3.6–Средняя месячная относительная влажность воздуха в районе Новороссийска, %

Также, как и температура воздуха, количество выпавших атмосферных осадков очень изменчиво, и, в разные годы их количество может изменяться в широких пределах. В среднем, по многолетним данным, среднегодовое количество осадков составляет 775 мм. При этом в годовом ходе в зимнее время года осадков выпадает больше, чем в летнее, что обусловлено циклонической деятельностью в это время года (таблица 3.5).

Таблица 3.5– Среднее многолетнее количество осадков выпавших в районе Новороссийска, мм

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
81	73	67	50	44	59	58	49	56	59	76	103	775

В летний период, несмотря на преобладающую антициклоническую погоду, наблюдаются ливневые осадки, которые несмотря на свой кратковременный характер, дают большое количество осадков в пределах 4459 мм(рисунок 3.7).

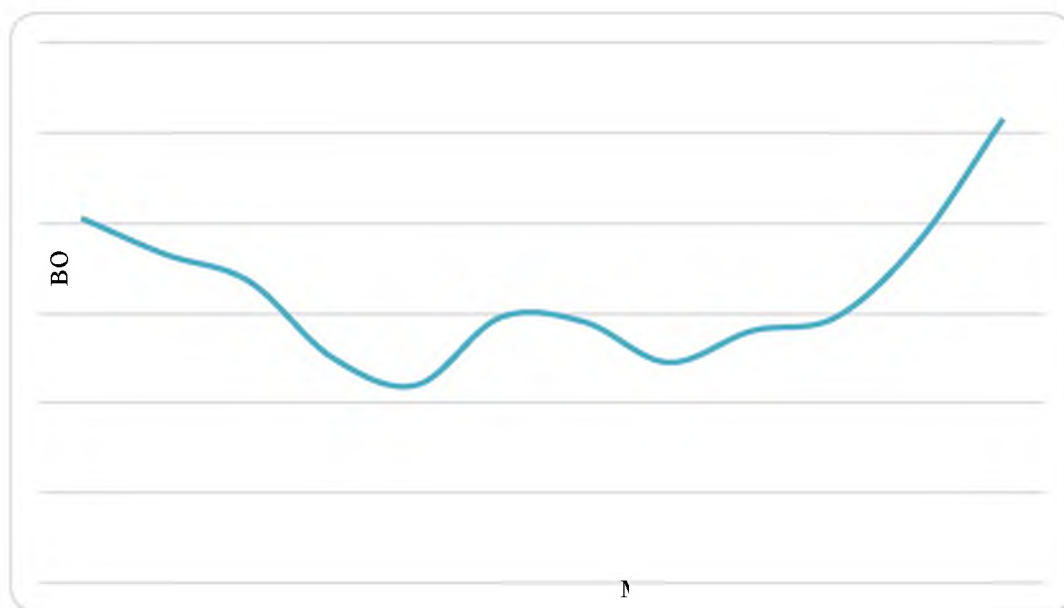


Рисунок 3.7–Годовой ход осадков в районе Новороссийска, мм

Рассмотри ветровой режим в районе Новороссийска, который в первую очередь зависит от циркуляционных процессов, и соответственно, приходящих воздушных масс. В район Новороссийска, в холодное время года нередко

вторгаются холодные воздушные массы, имеющие северо - восточную составляющую и поступающие на исследуемую территорию с антициклонами.

На смену им, приходят влажные массы, поступающие на территорию с циклонами со стороны Черного моря.

Среднемесячная и среднегодовая повторяемость направлений ветра, а также штилей, приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Повторяемость направлений ветра и штилей, %

Месяцы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
I	5	36	6	15	12	8	6	12	15
II	3	37	6	17	13	8	5	11	14
III	3	41	6	14	17	8	4	7	18
IV	3	27	6	19	25	8	6	6	21
V	3	30	6	16	26	10	4	5	25
VI	4	28	7	15	25	10	5	6	21
VII	5	40	5	8	18	10	6	8	19
VIII	6	47	6	7	15	6	5	8	19
IX	5	45	7	6	14	8	7	8	21
X	5	44	6	9	11	7	7	11	19
XI	4	37	7	13	14	8	6	11	17
XII	5	32	6	15	14	9	7	12	14
год	3	42	6	12	18	8	4	7	20

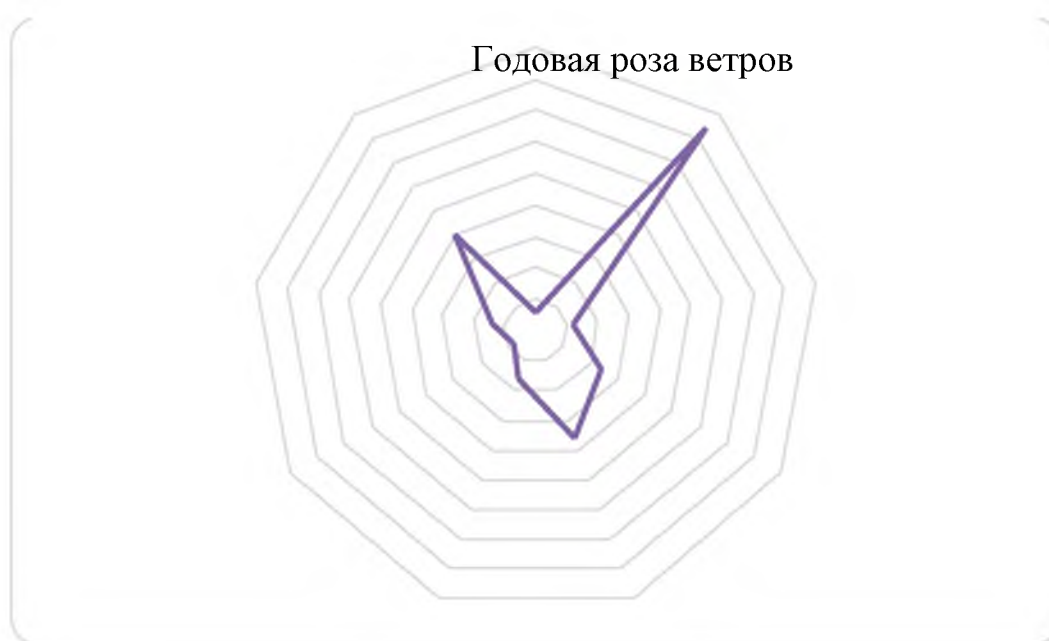


Рисунок 3.8 – Годовая роза ветров

Стоит отметить, что на протяжении всего года, в районе Новороссийска преобладающими ветрами являются ветры северо-восточного направления, их повторяемость составляет 42%, на долю южных ветров приходится 18%, юговосточных -12% (рисунок 3.8).

Анализируя многолетние данные о ветровом режиме, можно выделить следующее: наименьшая повторяемость ветров северо-восточного направления приходится на период с апреля по июнь и составляет 30%, но, начиная с июля повторяемость северо-восточных ветров, начинает увеличиваться и в августе достигает уже 47%. Роза ветров для теплого и холодного периода года показана на рисунках 3.9 и 3.10.



Рисунок 3.9 – Роза ветров холодного полугодия

Наибольшая повторяемость южных ветров приходится на весенне-летние месяцы и достигает 25-26%, повторяемость юго-восточных ветров в период с июля по октябрь включительно не превышает 9%.

Ветры северного и западного направлений в этом районе наблюдаются крайне редко, их повторяемость редко превышает средние многолетние значения – 3% и 4% соответственно. Ветры других направлений встречаются на территории Новороссийска значительно реже, и их повторяемость составляет также менее 10% на каждое направление. А вот дни без ветра, со штилем, встречаются в 20% от общего числа случаев с ветром.

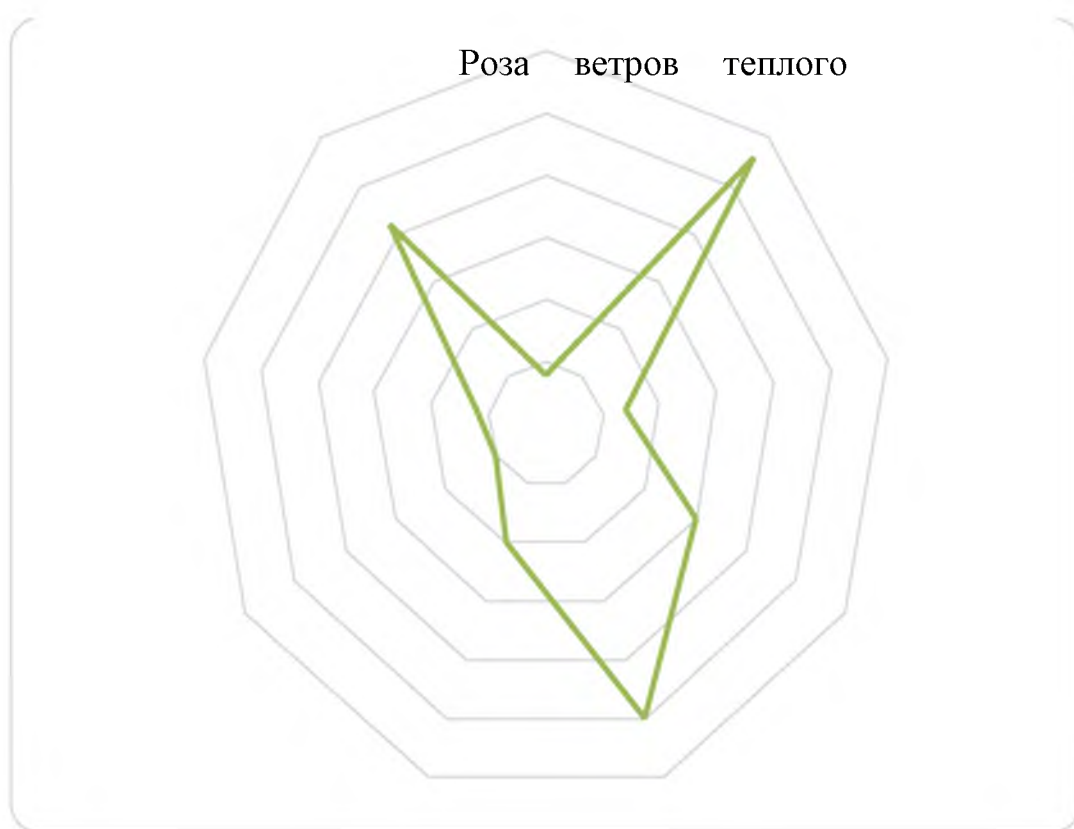


Рисунок 3.10 – Роза ветров теплого полугодия

Среднегодовая скорость ветра в среднем составляет 4,3 м/с (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Средняя и абсолютно максимальная скорость ветра, м/с

Скорость ветра	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
средняя	5,6	5,6	4,9	3,3	2,9	2,6	3,3	3,8	3,9	4,9	5,1	5,5	4,3
максимальная, с учетом порывов	>40	40	40	40	40	34	40	44	40	>40	40	47	47

Максимальная скорость ветра наблюдается при северо-восточном и юговосточном ветрах, и может достигать значений 40 м/с(рисунок 3.11).

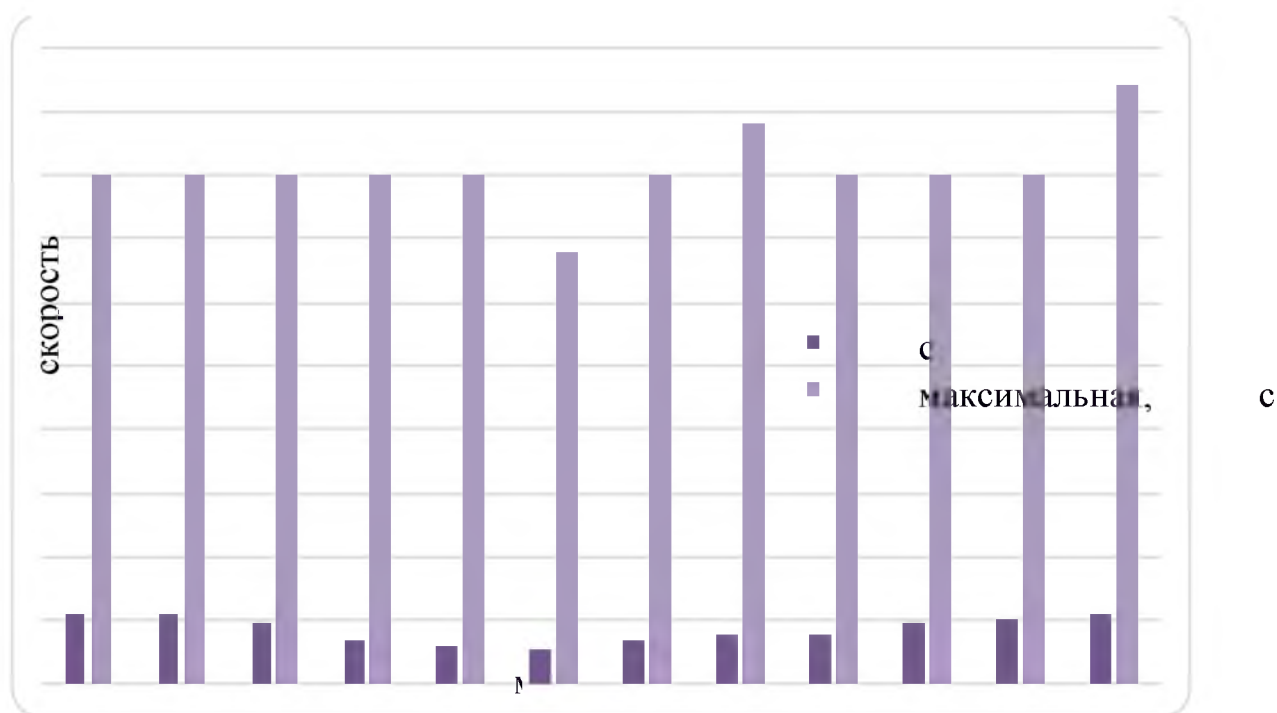


Рисунок 3.11–Средняя и абсолютно максимальная скорость ветра, м/с

Скорость ветров южной составляющей также нередко достигает 40 м/с, обуславливая сильные шторма в море (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Среднее и наибольшее число дней со скоростью ветра >15 м/с

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднее число дней	13,0	11,2	11,2	6,7	5,3	3,2	5,2	7,3	8,4	11,8	11,2	12,4	107
Наибольшее число	21	20	21	16	13	10	13	16	16	25	22	17	144

На скорость ветра оказывают влияние местные условия, на территории Новороссийска скорость ветра в зимний период выше, чем в летний (рисунок 3.12).

В целом, можно отметить, что на территории МО Новороссийск, характерны достаточно благоприятные климатические условия для жизнедеятельности человека, но, в течение всего года могут наблюдаться метеорологические явления, достигающие критериев опасного явления, и,

следовательно, возникает риск нанесения возможного ущерба многим приоритетным отраслям экономики Новороссийска.

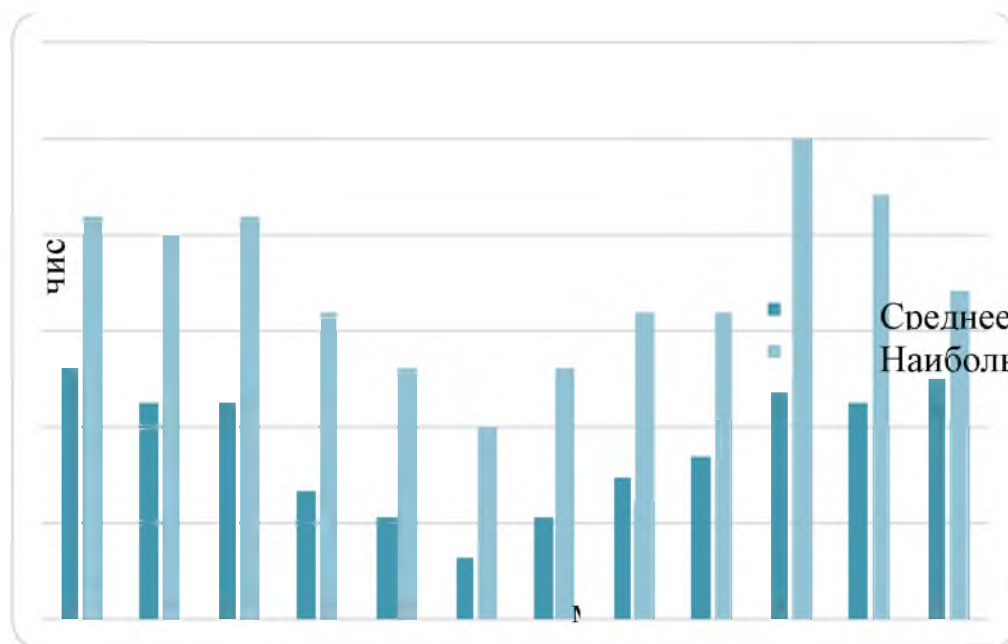


Рисунок 3.12–Среднее и наибольшее число дней со скоростью ветра >15 м/с

3.2 Анализ случаев возникновения и повторяемости бора в районе МО Новороссийск

Бора, как метеорологическое явление является отличительной особенностью климата Новороссийска. Именно, в районе Новороссийска бора проявляется во всей своей мощи и жестокости. Особенно сильно бора проявляется в холодное время года

Анализируя повторяемость сильной бора со скоростью ветра более 30 м/с за период с 1977г. по 2017г., можно отметить, что бора наблюдается в среднем от 3 до 6 раз в год и только в 1977г. и 1993г. было отмечено 19 и 20 случаев сильной «боры» соответственно (рисунок 3.13).

Стоит отметить, что явление бора может быть довольно продолжительным. Например, в декабре 1997г в Новороссийске наблюдалась бора, продолжительность которой составила около 90 час, при этом, зафиксированная инструментально скорость ветра составила 45 м/с, а ветроизмерительные приборы

под воздействием ветра вышли из строя.

В первые же часы боры температура воздуха понизилась на 20°C, опустившись с положительной 12°C, до отрицательных значений -20°C. Также резко понизилась температура моря в прибрежной зоне, опустившись с 12°C до 5°C.



Рисунок 3.13– Повторяемость бора в МО Новороссийск в период с 1977 по 2017гг

Анализируя данные за временной период с 1977 по 2017гг можно отметить, что чаще всего бора возникает с октября по март включительно, т.е., холодное полугодие, когда в районе Новороссийска складываются наиболее благоприятные условия для высоких значений барического градиента, обуславливающих вторжения холодного северо-восточного ветра.

Максимум повторяемости случаев с борой приходится на зимние месяцы с декабря по февраль, около 30 случаев сильной «боры» в месяц (таблица 3.9).
Таблица 3.9 – Повторяемость бора в МО Новороссийск по месяцам в период с 1977 по 2017гг

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

среднее число дней с борой	33	31	15	7	2	0	1	1	1	15	25	32
-------------------------------	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----

В период с мая по октябрь повторяемость случаев сильной бory не превышает 1-2 случая в месяц (рисунок 3.14).

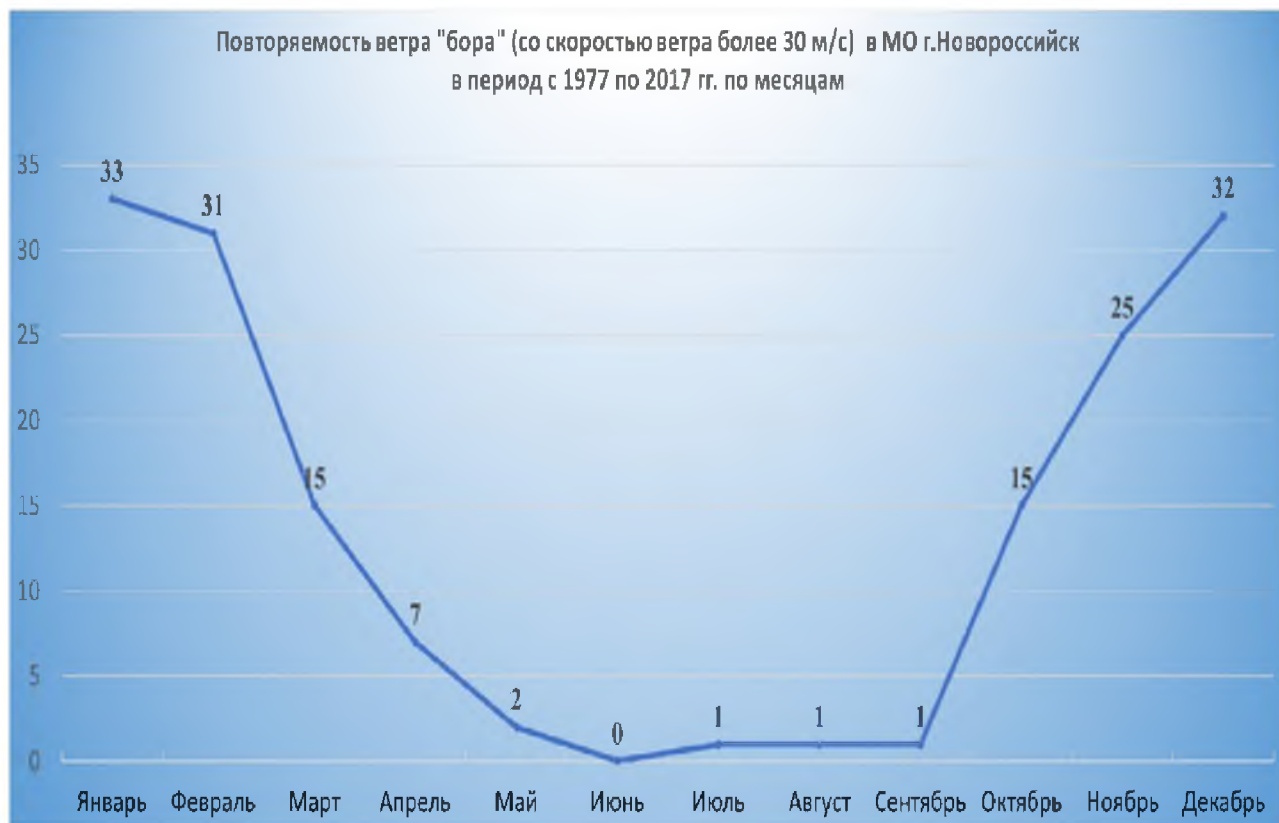


Рисунок 3.14– Многолетняя повторяемость бory в МО Новороссийск по месяцам в период с 1977 по 2017гг

Далее, проведем анализ возникновения, продолжительности и повторяемости бory в холодный период года с октября по март и в теплый - с апреля по сентябрь.

При проведении анализа возникновения бory за день с борой будем принимать случай, если в течение суток, хотя бы в один из метеорологических сроков был отмечен северо-восточный ветер со скоростью более 15 м/с. За один случай с борой принимается зафиксированный случай с борой, независимо от продолжительности явления.

В целом, в исследуемом районе в течение года бора наблюдается около 70

дней в году. Из этого числа на холодное полугодие приходится порядка 50 дней, при этом бора распространяется вглубь моря на расстояние не более 10 км. (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Число дней с новороссийской борой за 1977–2017 гг в холодный и теплый сезоны и их повторяемость

Период года	Число дней, дни	Повторяемость, %
холодный (октябрь – март)	1265	75
теплый (апрель- сентябрь)	394	25

Полученные результаты показывают, что в холодный время года число дней с борой и их повторяемость значительно выше, чем в теплый период (рисунок 3.15).

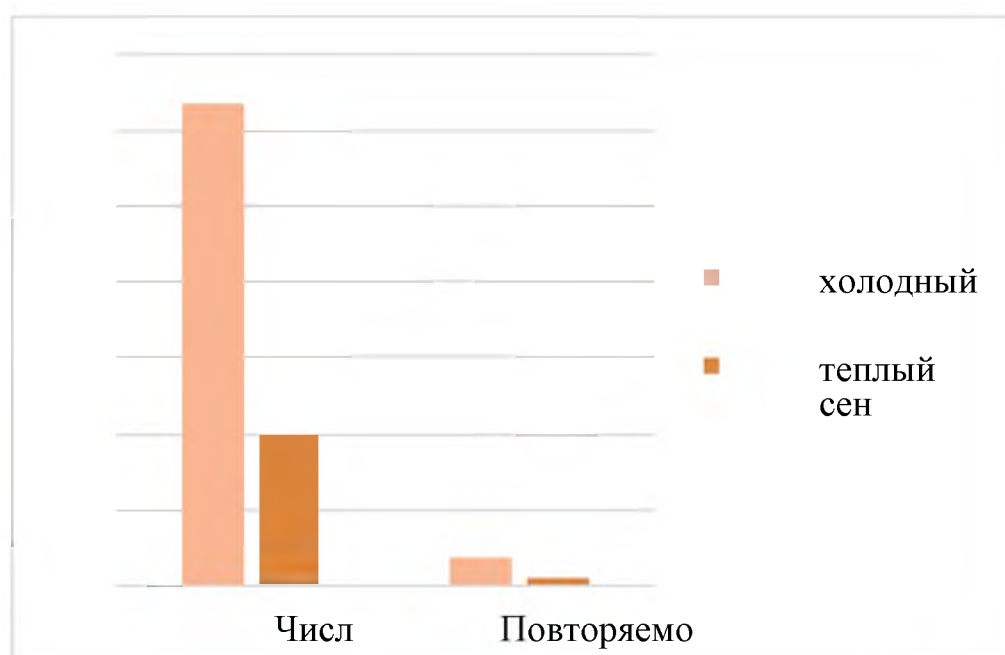


Рисунок 3.15–Среднегодовое число дней с борой в холодный и теплый периоды и их повторяемость за 1977–2017 гг

Среднегодовое число дней с борой за исследуемый в работе временной период составляет порядка 15-20 случаев, при этом две трети всех случаев боры, а это порядка 75% приходится на холодный период года, и 25 % приходится на теплое время года. Но, стоит понимать, что, как и для любого метеорологического

явления в отдельные годы данные могут сильно варьироваться. Также в работе проведен анализ количества суток с борой и минимальной температурой воздуха во время боры (таблица 3.11).

Таблица 3.11 –Среднее количество суток с борой и минимальная температура воздуха во время боры по месяцам за 1977–2017 гг

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
среднее число суток с борой	8,7	7,4	7,6	3,6	2,3	2,1	3,2	4,8	5,1	7,3	6,9	6,8	
средняя температура	3,2	2,8	6,0	11,0	16,0	20,4	23,8	24,0	19,2	14,1	8,8	5,2	
минимальная температура	-19,3	-19,8	-10,1	0	5,8	15,4	15,6	15,0	5,5	-3,5	-9,3	-19,8	

Можно отметить, что, в среднем, среднемесячное количество суток с борой в зимнее время составляет около 6-9 дней, при этом, минимальная температура воздуха при положительной средней месячной температуре в случае боры может опуститься до значений - 20 °С (рисунок 3.16).

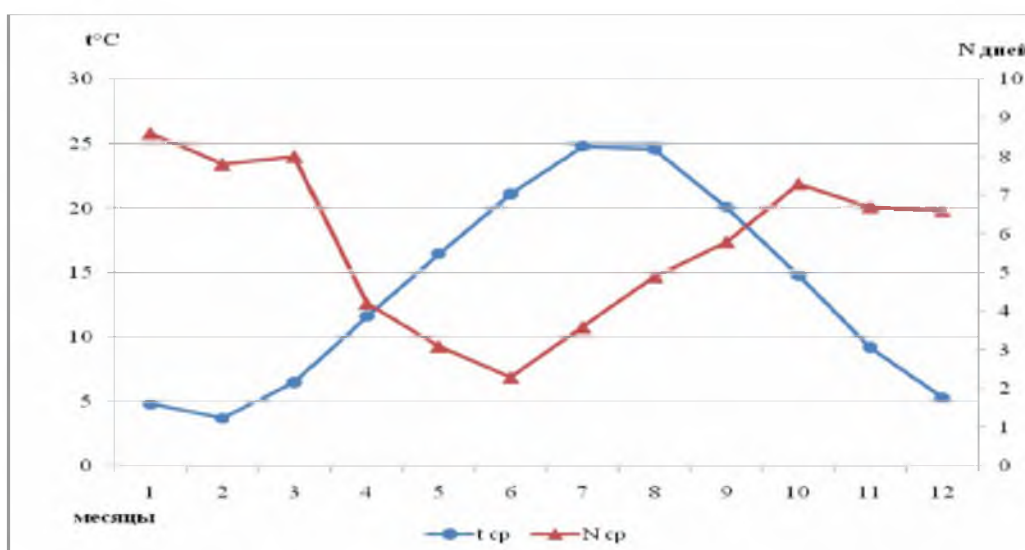


Рисунок 3.16–Годовое распределение среднего числа дней с борой (N ср) и среднемесячных температур (t ср)

Проведенный анализ показал тесную корреляцию продолжительности боры и падением температуры воздуха в это время.

Также в работе проведен анализ максимальной продолжительности боры за этот же период и средней минимальной температуры(рисунок 3.17).

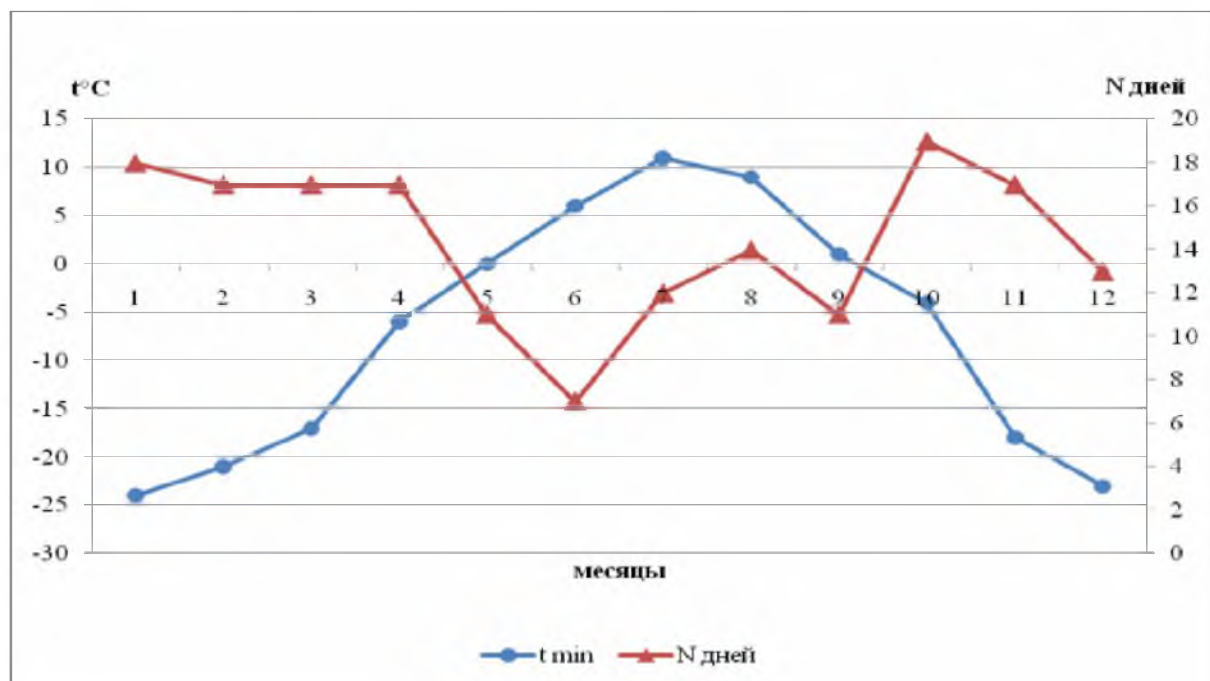


Рисунок 3.17–Годовое распределение максимального дней с борой (N_{cp}) и минимальных среднемесячных температур (t_{cp})

Если сравнивать корреляцию продолжительности боры и падения температуры воздуха на двух графиках, то можно отметить, явно выраженную связь на двух графиках.

Можно сделать вывод, что возникновение боры влияет на термический режим в районе Новороссийска, особенно связь хорошо прослеживается в холодное время года.

Также выявлено, что продолжительность проявления боры возрастает, как только средняя месячная температура воздуха начинает понижаться, т.е., от осени к зимним месяцам.

Поэтому, можно предполагать, в случае изменения климата и прогнозируемого его потепления число случаев с борой и ее продолжительность возможно будет уменьшаться.

Также в работе проведен анализ случаев возникновения бory различной продолжительности. Для проведения анализа продолжительность бory разбили на несколько градаций: 1-2 дня, 3-4 дня, 5-6 дней и более 6 дней. Полученный результат представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Количество случаев возникновения бory с учетом ее продолжительности за период наблюдений 1977–2017 гг(2020-2023)

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI I	Год
продолжительность бory													
1-2 дня	112	124	141	103	71	35	47	62	98	137	128	105	
3-4 дня	41	44	21	13	9	4	3	7	30	36	35	43	
5-6 дней	13	8	8	2	2	0	0	0	2	4	3	11	
более 6 дней	3	2	4	0	1	0	0	0	5	0	4	3	
общее количество случаев бory	169	177	174	118	83	39	50	69	135	177	170	162	
Повторяемость, %	4,7	5,4	4,8	3,4	2,3	1,1	1,4	1,9	3,8	4,9	4,8	4,5	

Проведенный анализ выявил, что наибольшая средняя продолжительность случаев с борой приходится на зимние месяцы и может достигать более 6 сут., наименьшая продолжительность проявления бory в летние месяцы приходится на градацию не более 1-2 сут.

Также, стоит отметить, что чаще всего в течение года продолжительность бory составляет около 2 суток.

Также, в заключение можно сказать, на территории Черноморского побережья северо-восточным ветрам типа бора подвержен участок от Анапы до

Туапсе, но, в Туапсе бора проявляется более сдержанно, а далее за Туапсе бора не наблюдается.

Заключение

Новороссийский район расположен в юго-западной части Краснодарского края в виде узкой полосы между незамерзающим Черным морем и хребтами Большого Кавказа. Граничит с Анапским, Крымским и Геленджикским районами.

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

1. К наиболее опасным погодным явлениям в холодный сезон года на восточном побережье Черного моря относится новороссийская бора – сильный, холодный, порывистый северо-восточный ветер, направленный на море по склону горного хребта.

2. Бора на Черноморском побережье Краснодарского края возникает, когда над юго-восточной частью ЕТР устанавливается область высокого давления, а над теплым Черным морем – область низкого давления. Между континентом и морем создаются значительные перепады давления и температур теплого и холодного воздуха, следствием которых является большая скорость северо-восточного воздушного потока.

3. Для боры характерна исключительная скорость и резкая порывистость ветра. Большая скорость ветра обуславливается увеличением барического градиента в районе перевала холодных воздушных масс через невысокие горные хребты, температурной инверсией, а также гравитационной составляющей движения холодного воздуха вниз по склонам гор к морю.

4. Наиболее часто бора формируется в холодный период года – с октября по март. Пик повторяемости приходится на период декабрь-февраль, более 30 случаев сильной боры в месяц.

5. На сезон с сентября по март приходится 76,4 % всех случаев боры, а с апреля по август – 23,6 %.

6. В среднем в районе Новороссийска бора наблюдается 21 раз в год (около 60 дней в году).

7. Среднемесячное количество суток с борой в холодный сезон составляет около 3 дней, при этом, минимальная температура воздуха нередко

опускается до значений -20°C

Наибольшая средняя продолжительность случаев с борой приходится на зимние месяцы (до 7 сут), минимальная – на летние (до 1–2 сут).

Южнее Туапсе бора не прослеживается. Вглубь моря она не распространяется далее 10 км.

Список использованной литературы

1. Ансберг, Н.А. О тектоническом строении западной части Северного Кавказа // Вестн. Ленинградского ун-та. – 1955. – № 1. – С. 17-21.
2. Басевич, В.Н. Новороссийская бора – Морской флот № 1, 1992. – 152 с.
3. Белюченко, И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология) // Учебн. пособие. – Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2010. – 356 с.
4. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616с.
5. Гавриков А.В., Иванов А.Ю. Аномально сильная бора на Черном море: наблюдение из космоса и численное моделирование// Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, 2015, Т. 51, № 3, С. 1-12.
6. Ефремов, Ю.В., Панов, В.Д., Лурье, П.М., Ильичёв, Ю.Г., Панова, С.В., Лутков, Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей: монография. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007.– 543 с.
7. Ефимов, В.В., Барабанов В.С. Порывистость новороссийской боры// Метеорология и гидрология, 2013, № 12, С. 68-75 (а).
8. Ефимов, В.В., Барабанов В.С. Моделирование черноморской боры// Изв.
9. РАН. Физика атмосферы и океана, 2013, Т. 49, № 6, С. 688-698.
10. Занина, А.А. Кавказ. Вып. 2. Климат СССР. – Л.: ГИМИЗ, 1961.– 290 с.
11. Зубашенко, Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учеб. пособие. Ч.1./ Зубашенко Е.М., Шмыков В.И., Немыкин А.Я., Полякова Н.В. – Воронеж: ВПГУ, 2007. – 183 с.
12. Климатическая система Земли: прошлое и настоящее. Учебное пособие / Н.В. Мякишева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2022. – 194 с.
13. Лотышев, И.П. Северный Кавказ. – Л.: Гидрометеиздат, 1968.– 325с.
14. Лурье, П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. – СПб.:

15. Гидрометеиздат, 2002. – 506 с.
16. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
17. Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
18. Мастерских, М.А., Бельская, Н.Н., Минеева, М.Н. Прогноз фронтальной бory в Новороссийске и других сходных физико-географических районах: метод. указ./ М.: Гидрометеиздат, 1973.–20 с.
19. Нагалеvский, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география
20. Краснодарского края. – Краснодар: изд. «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
21. Новороссийская бора/ Под ред. А.М. Гусева. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1959.–140 с.
22. Орехов, С.Я., Молодкин, П.Ф., Дугуян, Д.К. По Северо-Западному
23. Кавказу. – Ростов, 1968. – 116 с.
24. Переведенцев, Ю.П. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.; науч. ред. Э.П.
25. Наумов. – Казань: Изд. Казан. ун-т, 2013. – 224 с.
26. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 399 с.
27. Инфра-М, 2015. – 399 с.
28. Русин, И.Н., Арапов, П.П. Основы метеорологии и климатологии. СанктПетербург, 2008. – 198с.
29. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Издво МГУ, 2002. – 416 с.
30. Семенов, Е.К., Соколихина, Н.Н., Соколихина, Е.В. Синоптические условия формирования и развития новороссийской бory// Метеорология и гидрология, 2013, № 10, С. 16-28.
31. Темникова, Н.С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей. – Л.: Гидрометеиздат, 1959.– 368 с.
32. Гидрометеиздат, 1959.– 368 с.
33. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов М. А.
34. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 582 с.

35. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие / Под ред. А.В. Погорелова. – Краснодар, 2000. – 188 с.
36. Фондовые материалы ГМБ Новороссийск.