

## ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

УДК 551.556.464

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40916

**ОБ УЯЗВИМОСТИ ФЛОТА РФ И ВЫСОКИХ РИСКОВ ДЛЯ ГРУЗОПОТОКОВ ЧЕРЕЗ ПОРТЫ АНАПА, НОВОРОССИЙСК, ТУАПСЕ**

© В. И. Михайлов, В. Ю. Зорин, М. Б. Капочкина

*Приведены примеры катастрофических последствий и экономического ущерба от Новороссийской бора. Возникновение бора является следствием процессов непреодолимой силы, а существующие сценарии изменения климатических условий предполагают в будущем учащение бора и увеличение силы этого особо опасного явления погоды. Рассмотрены причины возникновения бора и перспективы прогнозирования шквальных ветров и оледенения судов в Новороссийске*

**Ключевые слова:** бора, прогнозирование опасных явлений погоды, навигация, грузоперевозки, базирование флота РФ

*The examples of the catastrophic consequences and economic damage from the Novorossiysk bora are given. Occurrence of bora is the result of processes of insuperable force, and the existing climate change scenarios suggest future increase of bora and increase the power of this highly dangerous weather phenomenon in the future. The reasons of occurrence of bora and prospects of forecasting of heavy wind and ship glaciation in Novorossiysk are considered*

**Keywords:** bora, forecasting of highly dangerous weather, navigation, cargo traffic, Russian fleet basing

**1. Введение**

Бора – это сильный (до 60 м/с) орографический ветер, часто возникающий в Черноморском районе от Анапы до Туапсе. Её отличием от фена является усиление скорости ветра по мере продвижения вниз от горного хребта и охлаждение. В результате сильного и холодного отжимного ветра над относительно теплой морской водой неизбежно формируются туманы парения, происходит «набрызг» водяной «пыли» на охлажденные металлические поверхности судов в результате чего происходит оледенение и гибель судов. Шквальный ветер может охватывать прибрежную зону шириной до 100 км [1–3]. Навигационные опасности и соответствующие повышения рисков для грузопотоков через порты Кавказского побережья Черного моря возникают чаще всего в осенне-зимний сезон. Каждая бора несет риски возникновения экологических катастроф и загрязнения Черного моря. Исходя из последствий наиболее сильной за последние 40 лет Новороссийской бора 7–8 февраля 2012 г. (ущерб составил более 30 млн. \$), стало очевидным, что гидрометеорологическая служба РФ не обладает надежными методами прогнозирования этого опасного погодного явления. Можно отметить, что в связи с особенностями регионального климата в период 1886–1899 годах вероятность возникновения особо опасных погодных условий в районе Новороссийска была экстремальной. Исходя из этого, нельзя отрицать, что аналогичный сценарий динамики формирования особо опасных погодных условий можно ожидать и в будущем. В современной экономической обстановке даже кратковременная потеря объемов грузоперевозок неиз-

бежно приводит к перераспределению рынка, изменяется логистика региона, а негативные последствия для экономики порта могут проследиваться на протяжении длительного периода. В связи с перечисленными рисками трудно ожидать обоснованный рост объемов грузоперевозок через порты Анапа, Новороссийск и Туапсе. В этой связи инвестиции в наблюдающееся широкомасштабное гидротехническое строительство в акватории Цемесской бухты можно признать экономически не оправданными, а исследования, направленные на прогнозирование бора можно считать актуальными и практически значимыми.

**2. Постановка проблемы**

Цель данного исследования – оценить влияние географических условий на степень уязвимости инфраструктуры Новороссийского порта и степени риска для грузопотоков через этот порт. Для достижения поставленной цели необходимо: выполнить аналитический обзор научных достижений в области изучения бора; усовершенствовать физическую модель Новороссийской бора; оценить перспективы прогнозирования бора, в том числе заблаговременности прогноза даты начала бора, прогноза продолжительности бора, прогноза экстремальных усилений бора.

**3. Литературный обзор**

Приведем историческую сводку катастрофических последствий Новороссийской бора. За 50 лет зафиксировано 636 случаев бора [3]. Катастрофические по последствиям погодные условия были зафиксированы в 1839, 1847, 1851, 1864, 1874, 1886, 1888, 1893,

1896, 1899, 1907, 1911, 1912, 1928, 1935, 1954, 1963, 1969, 1976, 1993 [2, 4, 5]. 1847–1848 годах бора продолжалась практически непрерывно на протяжении 4-х месяцев с 27 октября 1847 г. до января 1848 г. [3, 5]. В 1914 г. бора в общей сложности длилась 43 дня, а ветер со скоростью более 19 м/с, фиксировался в общей сложности 60 суток. Сильнейший шторм 2 ноября 1854 стал причиной гибели 1500 моряков, 81 кораблей турецкого и англо-французского флота. Во время бору 8 февраля 1976 г., в результате оледенения, в Цемесской бухте затонули три научно-исследовательских судна: «Академик Вавилов», «Адмирал Нахимов», «Профессор Арнольди» [3, 5].

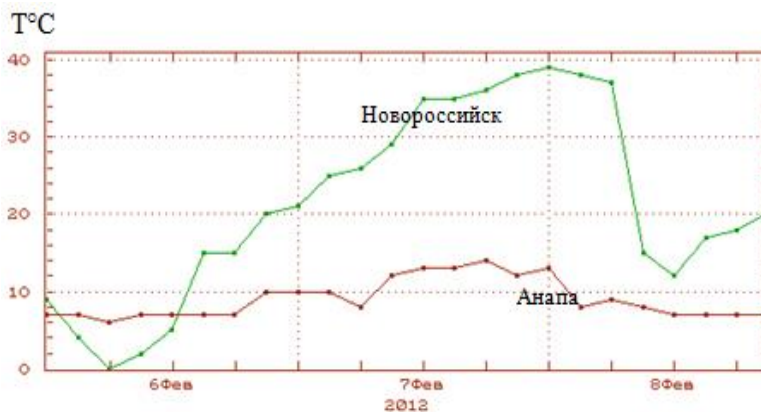
Первое научное обобщение причин возникновения Новороссийской бору было выполнено в работе [3]. основополагающая идея Ф.Ф. Врангеля, состояла в том, что за счет сил гравитации огромные массы тяжелого воздуха, в условиях крутого подветренного склона, с ускорением «падают» вниз, вызывая особо опасные погодные условия. Наиболее подробно современная физическая модель формирования бору представлена в диссертационной работе подполковника Лисоводского В. В. [6] и в монографии [7].

Необходимыми, но недостаточными условиями трансформации фена в бору являются обстоятельства непреодолимой силы: наличие крутого подветренного склона хребта; наличие в зимний сезон холодного воздуха с наветренной стороны хребта, наличие открытой от льда водной поверхности с подветренной стороны хребта; существование в море температурной инверсии и значимого теплозапаса глубинных вод моря.

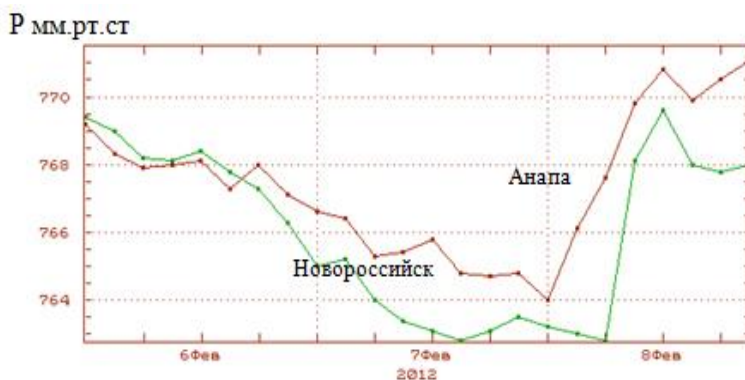
### 3. Результаты выполненных исследований

Как было показано в работе [3], в районе Новороссийска при скорости ветра 20 м/с струя плотного воздуха достигает морской поверхности воды на расстоянии 2,5 км от вершины хребта, при скорости ветра 25 м/с на расстоянии 3,4 км, при скорости ветра 30 м/с на расстоянии 4 км от вершины хребта. То есть в условиях крутого подветренного горного склона и больших пространственных градиентов атмосферного давления формируется отрыв струи от склона (в гидравлике это называется вакуумным отрывом). Обычно во время фена скорость ветра за препятствием снижается, а температура воздуха – увеличивается. В условиях бору скорость ветра за препятствием выше, чем над его вершиной. Аномальное увеличение скорости ветра формируется локальным понижением атмосферного давления с подветренной стороны горного хребта. Причиной этого является эффект «засасывания» воздуха в струю плотного воздуха, распространяющегося от вершины горного хребта в сторону мо-

ря. Закон Бернулли объясняет причины «засасывания» воздуха в струйное течение, в том числе из объема, ограниченного побережьем и подветренным склоном хребта. Это происходит за счет того, что в струйном потоке при увеличении скорости давление падает. В результате под струйным потоком в локализованной зоне с фиксированным объемом давление падает, а температура воздуха (согласно закону Бойля-Мариотта) снижается. За счет дополнительного падения давления с подветренной стороны хребта, пространственные градиенты давления еще более усиливаются и, скорость ветра с подветренной стороны хребта возрастает. Эффект снижения атмосферного давления в Новороссийске во время образования бору фиксировался неоднократно [9], однако, ранее данному факту не было дано адекватное объяснение. Изложенное в работе [7] объяснение причины трансформации фена в бору сначала имело статус гипотезы, но после изучения условий формирования Новороссийской бору 7-8.02.2012 г. было подтверждено на практике и перешло в ранг научной теории.



а



б

Рис. 1. Изменения во времени: а – скорости ветра (осредненной за 10 минут); б – атмосферного давления в Новороссийске и Анапе 6–8 февраля 2012 г [8]

Рассмотрим характеристики погодных условий во время бору 7-8.02.2012 г. В качестве исходных данных была использована информация [8]. На рис. 1 показаны изменения во времени скорости ветра, атмосферного давления в Новороссийске и Анапе 6-8 февраля 2012 г.

В период боры, 7–8 февраля 2012 г., температура воздуха в районе Цемессой бухты снизилась на 23 °С, до –19,8 °С; порывы скорости ветра достигали 52 м/с, высота волн достигала 8 м. На участке Кавказского побережья Черного моря в условиях затока в предгорье Краснодарского края холодного воздуха, катастрофическое усиление ветра было локализовано только в районе Новороссийска (рис. 1, а), где существуют благоприятные для этого орографические условия. Согласно теории трансформации фёна в бору, отрыв потока плотного воздуха от склона сопровождался дополнительным снижением атмосферного давления (рис. 1, б), что повлекло дополнительное усиление ветра (рис. 1, а). Факт локализованного в районе Новороссийска, усиления ветра под влиянием дополнительного падения давления в условиях «отрыва» потока воздуха от склона подтверждает более высокая корреляция между скоростью ветра и давлением в Новороссийске (коэффициент корреляции  $R=-0,92$ ), по сравнению с Анапой (коэффициент корреляции  $R=-0,79$ ). О локализации зоны избыточного давления в районе Новороссийска свидетельствует невысокое значение коэффициента корреляции между изменением атмосферного давления в этих пунктах, разнесенных не более чем на 40 км ( $R=0,82$ ) и между изменениями скорости ветра в этих пунктах ( $R=0,79$ ). Можно предположить, при отсутствии орографических эффектов в связи с незначительным расстоянием между пунктами, следовало бы ожидать более тесную линейную связь между изменениями скорости ветра и давлением в Анапе и Новороссийске.

Объективным фактором прекращения боры является образование ледяного покрова в прибрежной зоне моря. В случае образования льда, градиенты температуры между наветренной и подветренной сторонами хребта - снижаются, соответственно, снижаются и барические градиенты. Однако этот сценарий реализуется крайне редко. Такие случаи зафиксированы только в 1899, 1907 и 1954 годах. Все остальные случаи «внезапного» прекращения действия боры пока не имеют теоретического объяснения, а длительность боры не подлежит прогнозированию.

В случае принятия оперативных мер по передислокации судов из опасной зоны шквальных ветров и риска их обледенения, важно знать когда ожидается возможность возвращения судна в порт и когда можно ожидать возобновления функционирования инфраструктуры порта. Важно знать, насколько вероятно повторение боры во временной промежуток необходимый для завершения портовых операций с судном и грузом. К сожалению, ответы на эти вопросы отсутствуют, что оставляет высокими риски транспортных операций в портах РФ в Черном море.

##### 5. Апробация результатов исследований

Прогноз даты возникновения боры заложен в работе [7] и имеет как теоретическое обоснование, так и практическое подтверждение. Как считается, одним из необходимых, но недостаточных для возникновения боры условий является температурная

инверсия Черноморских вод. В зимний сезон в Черном море у Кавказского побережья температура поверхности воды имеет значения 7–8 °С. Глубинные воды Черного моря имеют температуру 9 °С. Поэтому возникновение в зимний сезон в прибрежной зоне моря апвеллинга может способствовать увеличению температуры морской поверхности. В приводной атмосфере это приводит к росту температурных и, соответственно барических градиентов. В результате чего может происходить отрыв струи от крутого подветренного склона хребта и, как следствие к трансформации фёна в бору. На основании изучения фактов возникновения боры в районе Новороссийска [7] установлено, что с заблаговременностью 4–7 суток до даты формирования боры, температура морской поверхности увеличивается. Условия формирования боры 07–08.02.12 г., подтверждают результаты этих исследований. По данным спутниковых измерений площади морской поверхности с положительной аномалией температуры (расчеты температурных аномалий выполнены по 33 спутниковым ИК изображениям с участием студентов ОНАС), 05.02.2012 г., площадь поверхности моря у Кавказского побережья с температурой более 8,5 °С превышала норму на 1,58 $\sigma$ , на следующий день, на 1,72 $\sigma$ , а в день трансформации фёна в бору – 07.02.12 г., на 2,49 $\sigma$ . Исходя из этого, апвеллинги у Кавказского побережья в зимний сезон можно считать фактором, провоцирующим начало боры, то есть прогностическим признаком. На протяжении длительного времени прибрежные апвеллинги необоснованно объясняли исключительно сгонными ветрами. Впервые это положение было поставлено под сомнение кафедрой военной метеорологии при ОГЭКУ в 2003–2004 г. [10]. В дальнейшем для Крымского региона Черного моря, аналогичные результаты были получены в МГИ НАНУ [11]. В работах [7,10] показано, что апвеллинги часто возникают синхронно в разных районах Черноморского побережья. Причиной апвеллингов, не связанных со сгонными ветрами, может быть активизация геодинамических процессов [7]. Это положение в какой-то мере подтверждают и условия формирования самой сильной за 40 лет Новороссийской боры, 7-8.02.2012 г. 30.01.2012 г., то есть за неделю до возникновения боры, в 100 км к западу от Новороссийска, в районе газового месторождение «Палласа», было зафиксировано мелкофокусное землетрясение  $M=3.8$ . Землетрясения в этом районе возникают крайне редко, не чаще одного раза за 20 лет. По спутниковым данным после землетрясения в районе его эпицентра в ИК и микроволновом диапазонах частот на морской поверхности были зафиксированы аномалии. Природа этих аномалий изучается. Планируется изучить возможную связь этих аномалий с выбросами метана из подводного месторождения. О результатах исследования влияния метановых аномалий в атмосфере на поле атмосферного давления и погодные условия выполнено исследование [12].

##### 6. Выводы

В результате выполненных исследований уточнена физическая модель Новороссийской боры.

Показаны методические перспективы прогнозирования даты начала боры. В то же время в настоящее время даже не ставятся актуальные и экономически значимые вопросы прогнозирования продолжительности боры и прогнозирования даты устойчивого прекращения боры. На фактическом материале подтверждены высокие уровни риска гибели судов и потери грузов в Черноморских портах РФ в связи с особыми географическими и гидрометеорологическими условиями района в зимний сезон. В связи с изложенным, инвестиции в развитие инфраструктуры Новороссийского порта, в том числе с целью базирования флота РФ, необходимо признать убыточными.

#### Литература

1. Alpers, W. Observation of local wind fields and cyclonic atmospheric eddies over the eastern Black sea using ENVISAT synthetic aperture radar images © 2010 [Text] / W. Alpers, A. Ivanov, K. Dagestad // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 5. – С. 46–58.
2. Шнюков, Е. Ф. Катастрофы в Черном море [Текст] / Е. Ф. Шнюков, Л. И. Митин, В. П. Цемко. – Киев, 1994. – 295 с.
3. Шлыгин, И. А. Популярная гидрометеорология и судовождение [Текст] / И. А. Шлыгин. – М.: Транспорт, 1987. – 192 с.
4. Novorossiysk bora (north-east). Century XIX. [Electronic resource] / Available at: <http://excursvod-web.ru/novorossiyskaya-bora-nord-ost-vek-xix/#axzz3UpqF4jZF>
5. Novorossiysk bora (north-east). Century XX. [Electronic resource] / Available at: <http://excursvod-web.ru/novorossiyskaya-bora-nord-ost-vek-xx/#axzz3UpqF4jZF>
6. Лісоводський, В. В. Вплив аномального стану поверхні океану на формування погодних умов в морських та прибережних районах [Текст]: автореф. ... дис. канд. геогр. наук / В. В. Лісоводський. – Одеса, 2009. – 21 с.
7. Гладких, І. І. Формування погодних умов в морських та прибережних районах [Текст]: монографія / І. І. Гладких, Б. Б. Капочкін, Н. В. Кучеренко, В. В. Лісоводський. – Одеса, 2007. – 140 с.
8. Архив погоды в Новороссийске [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://rp5.ru/>
9. Иванов, А. Ю. Новороссийская бора: взгляд из космоса [Текст] / А. Ю. Иванов // Исслед. Земли из космоса. – 2008. – № 2. – С. 68–83.
10. Конкин, В. В. Классификация апвеллингов по признаку влияющих факторов [Текст]: междунар. науч. конф. / В. В. Конкин, Б. Б. Капочкин, Н. В. Кучеренко, В. В. Лисоводский // Фундаментальные исследования важнейших проблем естественных наук на основе интеграции

онных процессов в образовании и науке. – Севастополь, 2006. – С. 26.

11. Ловенкова, Е. А. Климатические характеристики апвеллинга у побережья Крыма и их изменчивость [Текст] / Е. А. Ловенкова, А. Б. Полонский // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 5. – С. 44–52.

12. Капочкина, А. Б. Влияние газовой составляющей флюидного режима литосферы в районах акваторий на атмосферные процессы [Текст] / А. Б. Капочкина, Б. Б. Капочкин // Междисциплинарный научно – аналитический и образовательный журнал «Пространство и время». Спецвыпуск Система планета Земля. – 2013. – Вып. 1, Т. 4. – С. 22.

#### References

1. Alpers, W., Ivanov, A., Dagestad, K. (2010). Observation of local wind fields and cyclonic atmospheric eddies over the eastern Black sea using ENVISAT synthetic aperture radar images 2010. Study the Earth from Space, 5, 46–58.
2. Shnyukov, E., Mitin, L., Tsemko, V. (1994). Catastrophes in the Black Sea. Kiev, 295.
3. Shlygin, I. (1987). Popular hydrometeorology and navigation. Moscow: Transport, 192.
4. Novorossiysk bora (north-east). Century XIX. Available at: <http://excursvod-web.ru/novorossiyskaya-bora-nord-ost-vek-xix/#axzz3UpqF4jZF>
5. Novorossiysk bora (north-east). Century XX. Available at: <http://excursvod-web.ru/novorossiyskaya-bora-nord-ost-vek-xx/#axzz3UpqF4jZF>
6. Lisovodsky, V. (2009) Effect of abnormal ocean surface condition for the formation of weather conditions in marine and coastal areas. Odessa, 21.
7. Gladkikh, I., Kapochkin, B., Kucherenko, N., Lisovodsky, V. (2007) Formation of weather conditions in marine and coastal areas. Odessa, 140.
8. Weather archive Novorossiysk. Available at: <http://rp5.ru/>
9. Ivanov, A. (2008). Novorossiysk bora: a view from space. Study of Earth from Space, 2, 68–83.
10. Konkin, V., Kapochkin, B., Kucherenko, N., Lisovodsky, V. (2006) Classification upwelling on the basis of the influencing factors. Fundamental research on crucial problems of the natural sciences on the basis of integration processes education and Science: int. scientific. Sevastopol, 26.
11. Lovenkova, E., Polonsky, A. (2005) Climatic characteristics of upwelling off the coast of the Crimea and their variability. Meteorology and Hydrology, 5, 44–52.
12. Kapochkina, A., Kapochkin, B. (2013). The influence of the gas component of the fluid regime of the lithosphere in the areas of water areas on the atmospheric processes. Interdisciplinary Research - analytical and educational journal "Space and Time", Special Issue of the Earth system, 1, 4–22.

*Дата надходження рукопису 23.03.2015*

**Михайлов Валерий Иванович**, доктор географических наук, старший научный сотрудник профессор, кафедра АУТП, Одесская национальная академия связи им. А. А. Попова, ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, Украина, 65029

**Зорин Вячеслав Юрьевич**, начальник управления научно-исследовательского центра, Воинская часть А1113 МО Украины, ул. Фонтанская дорога, 4, г. Одесса, Украина, 65009

**Капочкина Маргарита Борисовна**, научный сотрудник, Научно-исследовательский центр, воинская часть А1113 МО Украины, ул. Фонтанская дорога, 4, г. Одесса, Украина, 65009  
E-mail: [margoa-92@ukr.net](mailto:margoa-92@ukr.net)