

DOI: 10.37614/2588-0039.2020.43.041

## **ФЁНОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В БАРЕНЦБУРГЕ (ШПИЦБЕРГЕН)**

В.И. Демин, Б.В. Козелов

*ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты*

### **Аннотация**

Обнаружены синхронные и противофазные изменения температуры и относительной влажности воздуха в Баренцбурге при ветрах с восточной составляющей. Так как с этих направлений Баренцбург прикрыт невысокими горами, допускается появление фёновых явлений. Температурный эффект фёнов не превышает 1-3°C или даже не выражен, а относительная влажность может опускаться до 60 и менее %.

### **Введение**

По своему определению фён является кататическим (нисходящим) ветром в горном районе, сопровождаемый повышением температуры и снижением относительной влажности. Классический механизм, используемый для объяснения фёнового эффекта, предполагает вынужденный подъем влажного воздуха по горному хребту на наветренной стороне с образованием облачности и осадков, и опускание на подветренном склоне с сухоадиабатическим градиентом, благодаря чему воздух нагревается, а облачность рассеивается. Однако в реальности в зависимости от механизма, которым осуществляется нисходящее движение, фёны в разных географических районах проявляются по-разному. Общие четкие критерии, по которым можно было бы идентифицировать фён, отсутствуют [1].

В данной работе обсуждается возможность существования фёнов в районе Баренцбурга. Используются данные срочных метеорологических наблюдений на гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург» (ВНИИ ГМИ – МЦД (Обнинск)), а также измерения на автоматической метеорологической станции Полярного геофизического института.

### **Результаты и обсуждение**

Основанием для предположений о существовании в районе Баренцбурга фёновых явлений являются специфичные вариации температуры и влажности воздуха. На рисунках 1 и 2 показаны изменения температуры воздуха и относительной влажности 28-29 мая 2018 г. и 31 июля 2018 г. Видны синхронные, но противофазные изменения температуры и относительной влажности воздуха, которые характерны для быстрых нисходящих движений воздуха, вызванных рельефом. Для сравнения на рисунке 3 приведены похожие вариации температуры и влажности во время фёна в Хибинах. «Импульсный» и кратковременный характер явления говорит о том, что фён мог возникнуть в результате быстрого и внезапного разрушения некоторого установившегося течения в пограничном слое атмосферы.

Фёны можно считать явлением погоды, характерным для всех горных систем. И Шпицберген не является исключением. Фёны упоминаются в ряде работ, посвященных описанию метеорологических режима Шпицбергена (см., например, [3, 4, 7]), однако систематических исследований явления не проводилось. Основные сложности детального изучения фёна в Баренцбурге создаются недостатком метеорологических данных с высоким временным разрешением (наблюдения в основные метеорологические сроки не дают полной картины явления), отсутствием информации о погоде и фактических потоках на уровне гор и многолетних записей лент термографа и гигрографа.

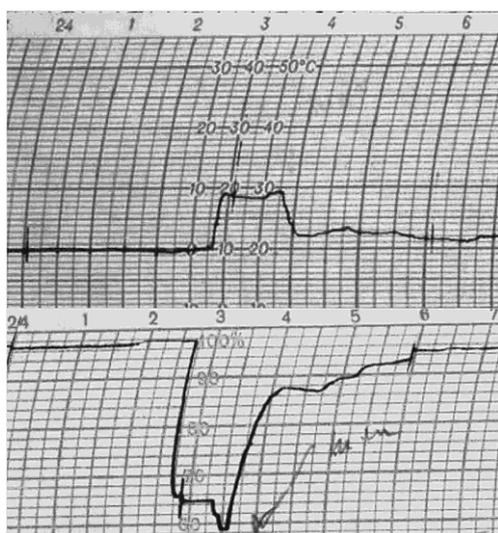
По классическим представлениям, появление фёна сопровождается повышением температуры и одновременным снижением относительной влажности воздуха при ветрах направленных с гор. В действительности картина намного сложнее. Так, например, температурный эффект зависит от многих факторов и часто вообще не проявляется. Более важным показателем считается падение относительной влажности. В большинстве случаев основанием для предположения о появлении фёна служит снижение быстрое относительной влажности до 60-65% и менее в утренние, вечерние и ночные часы и менее 40% в дневные при ветрах с гор. В частности, быстрое снижение до 65% рассматривается как признак фёна в Арктике в работе [7].

На рисунке 3 представлено распределение относительной влажности в Баренцбурге при различных направлениях ветра. Следует отметить, что направление ветра по наземным наблюдениям на метеорологической площадке дает только приблизительное представление о реальных потоках на верхних уровнях гор из-за сильного искажающего влияния рельефа. Например, обнаружены случаи, когда при выраженных восточных потоках в пограничном слое атмосфере (по картам барической топографии и реанализам), сводки с метеостанции указывали на ветер с западной составляющей. Такие расхождения

могут быть результатом ошибок кодирования, но также могут отражать и реальный физический процесс (при обтекании препятствия восточным потоком на подветренной стороне возникает вихрь с противотечением у земли, направленным к подножию горы).



**Рисунок 1.** Вариации температуры воздуха (вверху –  $T^{\circ}\text{C}$ ) и относительной влажности (внизу –  $f\%$ ) в Баренцбурге в ночь с 28 на 29 мая 2018 г. (слева) и 31 июля 2018 г. (справа). Прим.: на записях термографа и гигрографа показаны значения температуры и влажности до внесения инструментальных поправок.

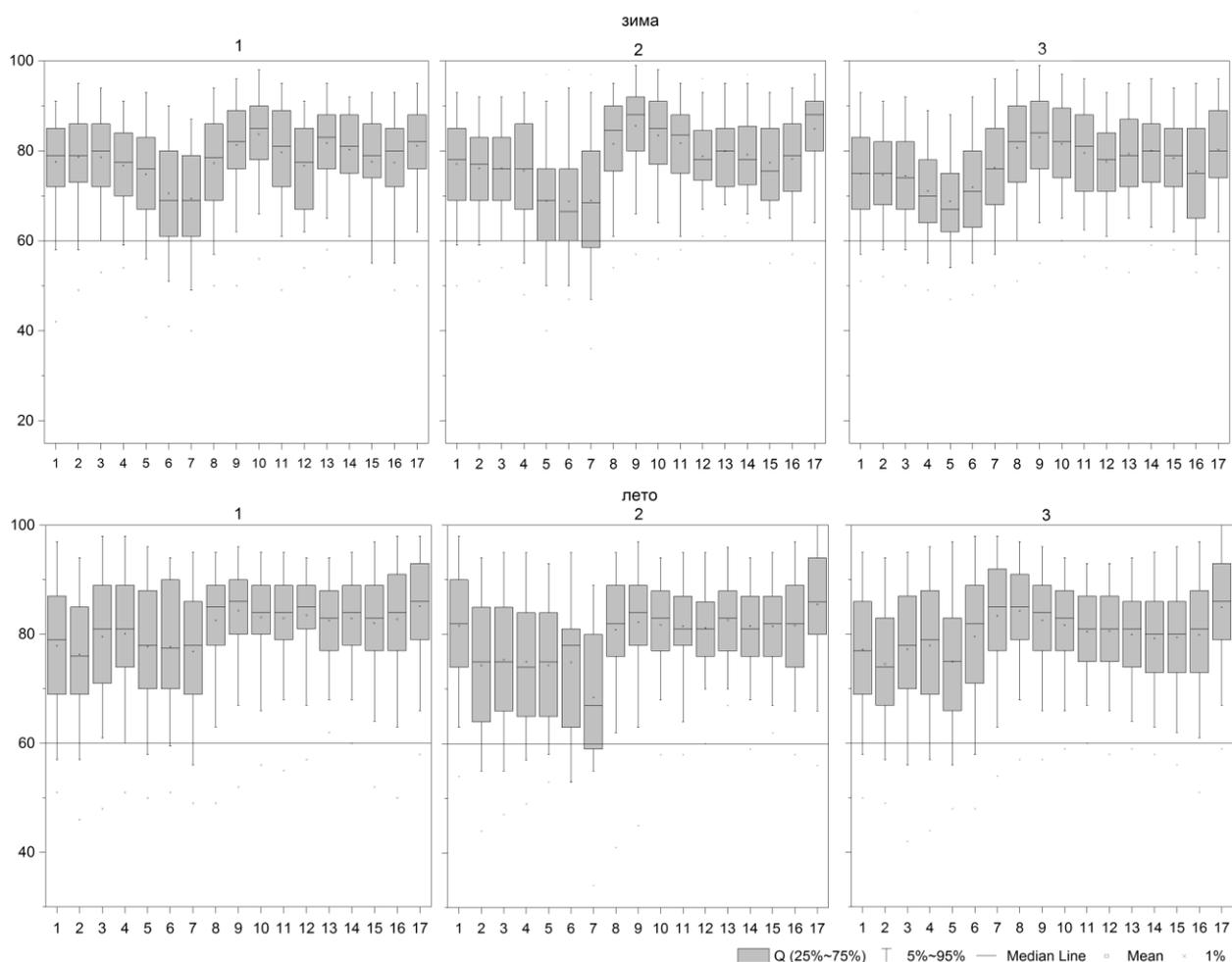


**Рисунок 2.** Вариации температуры воздуха (вверху) и относительной влажности (внизу) 16.02.2003 в Хибинах во время фёна на горно-лавиной станции «Восточная» [2].

Так как метеорологическая площадка в Баренцбурге дважды переносилась, расчет проводился для каждого местоположения отдельно. Это сделано, чтобы избежать влияния на относительную влажность залива Грен-Фьорд и возможных антропогенных эффектов. Во всех трех местоположениях эпизоды с понижением влажности до 60-65 и менее % чаще возникают при ветрах с восточной составляющей. С этих направлений Баренцбург прикрыт невысокими горами с высотами от 200 до 500 метров (рис. 4, 5). Можно допустить, что воздух, встречая на своем пути орографический барьер, начинает обтекать и переваливать его с последующим опусканием (нагревом и высушиванием) на подветренной стороне (в Баренцбурге). Некоторые статистические различия между пунктами 1, 2 и 3 на рис. 3 можно объяснить как особенностями местоположений, влияющих на поступление воздуха с наветренной стороны, так и изменениями макроциркуляционных условий, вместе с которыми меняется частота синоптических процессов, благоприятных для появления локальных течений, включая и фёны (статистика получена в разные временные периоды: для п. 1 – 1966-1978 гг., п. 2 – 1978-1984 гг., п.3 – 1984-2020 гг.).

Величина относительной влажности воздуха не всегда является достаточным признаком фёна. Можно допустить, что снижение относительной влажности до 60-65% возникает вследствие других метеорологических процессов, например, адвекции с С, СВ, В и ЮВ – направлений воздуха с более низким влагосодержанием. На рисунке 6 представлено распределение относительной влажности по данным автоматической метеорологической станции М-49М, работавшей в 2005-2006 гг. в 4 км севернее ГМО

«Баренцбург» на довольно открытой площадке, где, несмотря на повышение местности на ЮВ, подозревать появление фёна не приходится (положение отмечено цифрой 4 на рис. 4). Выраженной связи пониженных значений влажности с направлением ветра здесь не прослеживается. Это позволяет предположить, что эпизоды с понижением влажности до 60% и менее в Баренцбурге все-таки связаны с топографией местности и возникают из-за местных орографических течений.



**Рисунок 3.** Распределение относительной влажности воздуха при различных направлениях ветра в Баренцбурге (цифры 1, 2, 3 над рис. – номера метеоплощадок (их положение указано на рис. 4-5), цифры внизу обозначают румбы: 1 – С, 2 – ССВ, 3 – СВ, 4 – ВСВ, 5 – В, 6 – ВЮВ, 7 – ЮВ, 8 – ЮЮВ, 9 – Ю, 10 – ЮЮЗ, 11 – ЮЗ, 12 – ЗЮЗ, 13 – З, 14 – ЗСЗ, 15 – СЗ, 16 – ССЗ, 17 – штиль).

К сожалению, температурные вариации в нашем случае малоинформативны для диагностики фёновых явлений. Высота метеорологической площадки в Баренцбурге около 75 м н.у.м., а окружающие его горы имеют высоты 200-400 м, причем наиболее высокие из них – Olavsvarden и Gronfjordfjellet с отметками до 500-546 м расположены так, что воздух по пути к Баренцбургу их скорее обтекает, чем переваливает через них (рис. 4). Потому максимальный температурный эффект за счет опускания воздуха не может превысить 1-3°C (что, кстати, соответствует вариациям температуры на рис. 1). Однако, чтобы этот эффект был обнаружен, необходимо, чтобы опустившийся воздух оказался теплее вытесненного им. Большую же часть года воздух, расположенный восточнее Баренцбурга (в центральных районах архипелага), имеет более низкую температуру, чем воздух на его западном побережье [6]. Потому даже перевалив через горное препятствие и нагревшись, он не обязательно окажется теплее воздуха, который здесь ранее находился.

Интересно также состояние погоды в те сроки, когда относительная влажность опускалась до 60 и менее %. Таким эпизодам в 33.4% предшествовала ясная погода. В 17.7% она изменялась от "5 баллов и менее" до "более 5 баллов" или характеризовалась как «пасмурная» или «облачность более 5 баллов» (18.7%). Т.о., есть почти в 70 % случаев более значимых ее характеристик (например, дождь, снег, туман и т.д.) не отмечалось. В 77.4% погода в срок наблюдения характеризовалась как «облака рассеиваются» или «ясно»

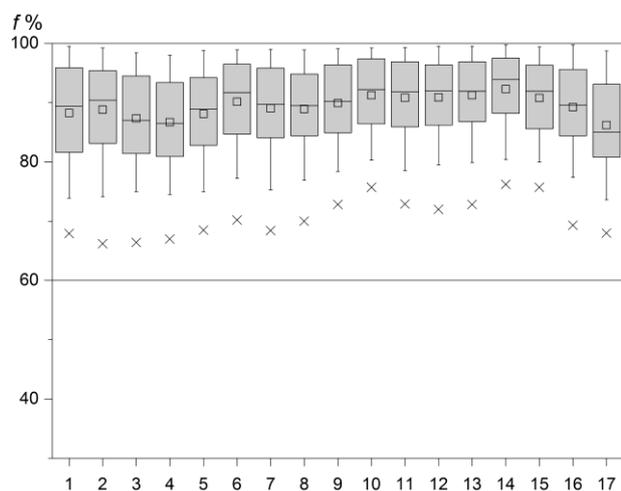
(4.6%). Как правило, нижняя облачность отсутствовала (60%), а при ее наличии нижняя граница в 96% находилась выше уровня гор. В зимний период перед явлением (21.5%) и в срок (14.1%) иногда отмечались слабый или умеренный поземок или низовая метель. Но эти явления являются не результатом выпадения осадков, а переноса уже выпавшего снега ветром, в т.ч. и с более верхних уровней вниз, и часто наблюдаются даже при ясном небе. Т.о., состояние погоды в сроки, когда влажность не превышала 60%, не отвергает вероятности фёна.



**Рисунок 4.** Топографическая карта района п. Баренцбург (<https://toposvalbard.npolar.no>); Цифрами отмечены положения метеорологических площадок, использованных в работе.



**Рисунок 5.** Панорама поселка Баренцбург. Цифрами отмечены положения метеорологической площадки в разные годы (соответствует номерам на рис. 3). Photo: Erlend Bjørtvedt (CC-BY-SA).



**Рисунок 6.** Распределение относительной влажности воздуха при различных направлениях ветра на автоматической МС в Баренцбурге.

### Заключение

Баренцбург расположен на склоне и прикрыт с восточной стороны небольшими горами с высотами от 200 до 500 м. Такой рельеф в целом благоприятствует возникновению фёновых явлений. При ветрах с восточной составляющей в поселке обнаруживаются быстрые противофазные изменения температуры воздуха и относительной влажности, характерные для нисходящих движений воздуха. Подъем температуры не превышает 1-3°C или даже отсутствует. Относительная влажность при этом может опускаться до 60 и менее %, что является признаком фёна в большинстве горных систем.

### Литература

1. Barry R.G. Mountain weather and climate // Cambridge University Press, Cambridge, 506 p.
2. Demin V.I., Zykov E.V. The foehns in the Khibiny mountains // Proc. of the 28-th Annual Seminar on Physics of Auroral Phenomena, Apatity, Russia, 1-4 March 2005. P. 199-202.
3. Kejna M and Sobota I. Meteorological conditions on Kaffiøyra (NW Spitsbergen) in 2013–2017 and their connection with atmospheric circulation and sea ice extent // Pol. Polar Res. 2019. vol. 40, no. 3. pp. 175–204.
4. Migala K., Nasiolkowski T. and Pereyma J. Topoclimatic conditions in the Hornsund area (SW Spitsbergen) during the ablation season 2005 // Pol. Polar Res. 2008. vol. 29, no. 1. pp. 73–91.
5. Muskala P. et al. Foehn effects typology for West Spitsbergen // The Arctic Science Summit Week 2013 - abstract Ref.#: A\_3445.
6. Przybylak R. The Climate of the Arctic // Springer. 2nd ed. 2016. 287 p.
7. Przybylak R., Arazny A., Nordli Ø. et al. Spatial distribution of air temperature on Svalbard during 1 year with campaign measurements // Int. J. Climatol. 2014. vol. 34. pp. 3702–3719.
8. Przybylak R. and Kejna M. (eds) Topoclimatic diversity in Forlandsundet region (NW Spitsbergen) in global warming conditions // Oficyna Wydawnicza "Turpress". Toruń. 2012. 174 pp.