

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Сухачёва Владимира Николаевича «Штормовые нагоны в Финском заливе Балтийского моря», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – «Океанология»

Актуальность диссертационной работы Сухачёва В.Н. не вызывает сомнений. Являясь опасными гидрометеорологическими явлениями, штормовые нагоны в Финском заливе Балтийского моря приводят к катастрофическим наводнениям в Санкт-Петербурге. Несмотря на ввод в эксплуатацию комплекса защитных сооружений, проблема опасных подъёмов уровня остаётся насущной для районов Санкт-Петербурга и Ленинградской области, расположенных к западу от них.

Основная цель диссертационной работы – оценка статистических характеристик штормовых нагонов в Финском заливе Балтийского моря, анализ особенности изменчивости термохалинной структуры и течений во время их формирования, а также исследование причин и механизмов межгодовых изменений штормовых нагонов в современных климатических условиях.

Для достижения поставленной цели Сухачёвым В.Н. были решены следующие задачи, которые определили научную новизну работы:

- разработка и обоснование критерия выделения штормового нагона из наблюдений на уровневых постах,
- исследование изменчивости термохалинной структуры и течений в Финском заливе в период формирования опасных подъёмов уровня моря,
- оценка статистической связи между динамическими процессами в Финском заливе и изменчивостью касательного трения ветра во время штормовых нагонов,

- анализ влияния различных гидрометеорологических процессов на межгодовую изменчивость штормовых нагонов в этом регионе.

Практическая значимость также не вызывает сомнений. Полученные Сухачёвым В.Н. результаты могут быть использованы как в работе федеральных и региональных органов исполнительной власти для комплексного решения задач устойчивого развития региона, так и при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений, транспортировке грузов по акватории Финского залива.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Оценки межгодовой изменчивости статистических характеристик штормовых нагонов в Финском заливе, выделенных с помощью предложенного критерия.
2. Основные закономерности изменчивости термохалинной структуры и течений в периоды формирования штормовых нагонов, вызывающих опасные подъёмы уровня моря в Финском заливе.
3. Оценки нестационарности статистической связи между характеристиками динамики вод и касательным трением ветра во время штормовых нагонов.
4. Основные механизмы межгодовой изменчивости характеристик штормовых нагонов в Финском заливе в конце XX и начале XXI веков.

Научные результаты работы опубликованы в 1 монографии, 18 статьях в периодических изданиях, в том числе 10 работ в изданиях, индексируемых в WOS и Scopus, а также в материалах и тезисах докладов на российских и международных конференциях.

Диссертационная работа Сухачёва В.Н. состоит из введения, 5 глав, заключения, 2 приложений и списка используемой литературы, состоящего из 87 наименований, в том числе 30 на иностранном языке. Общий объем работы составляет 119 страниц, включая 40 рисунков и 7 таблиц.

Во введении представлена общая характеристика работы, обосновывается актуальность выбранной темы исследования,

сформулированы объект и предмет исследования, цель работы, основные задачи, выносимые на защиту положения, научная новизна и практическая значимость, личный вклад соискателя, перечисляются доклады на конференциях и научные статьи по теме работы.

Замечания по введению:

1. Положения, выносимые на защиту, носят декларативный характер. Отсутствуют конкретные научные положения, достойные диссертационной работы. Понимание первого положения «*Оценки межгодовой изменчивости статистических характеристик штормовых нагонов в Финском заливе, выделенных с помощью предложенного критерия*» приходит только при чтении самой диссертационной работы. Так во второй главе указано, что «*для выбора критерия выделения случаев штормовых нагонов предлагается использовать среднеквадратическое отклонение уровня ( $\sigma$ ). Будем принимать за случаи штормовых нагонов подъёмы уровня моря, превышающие значение  $3\sigma$ , а за продолжительность штормовых нагонов ( $T_s$ ) – период в часах, когда значения уровня были  $>3\sigma$* ». Опираясь на это и, следовало формулировать положение, выносимое на защиту.

В первой главе рассматривается определение понятия «штормовой нагон». Сравнение продолжительности штормов и штормовых нагонов показывает, что штормовой нагон представляет собой длинные волны, возбуждаемые анемобарическими силами в циклоне, на гребень которых накладывается ветровой нагон уровня моря. На основе результатов численных экспериментов трёхмерной гидродинамической модели Балтийского моря показано, что длинные волны в Рижском и Финском заливах во время штормовых нагонов трансформируются в прогрессивно-стоячие волны.

При совпадении скорости движения атмосферных циклонов с фазовой скоростью свободных волн, генерирующихся на частотах собственных

колебаний Балтийского моря, происходит явление резонанса, что приводит к особенно сильному увеличению высоты длиной волны и связанному с ней подъёму уровня.

В этой главе подобно рассматривается история наблюдений и частота проявления штормовых нагонов в Санкт-Петербурге, а также развитие понятий о природе этого опасного гидрометеорологического явления.

Во второй главе рассматривается критерии классификации штормовых нагонов на опасные, особо опасные и катастрофические. Анализируются средние длительности стояния высокого уровня и скорости его подъёма и спада при различных штормовых нагонах. Показано, что частота повторяемости наводнений в течение года может значительно меняться, а опасные подъёмы уровня на востоке Финского залива происходят в любое время суток и сезона года при самых разнообразных погодных условиях в этом регионе.

В главе приведены критерии выделения штормовых нагонов на побережье Германии, Польши и Финского залива. Показано, что критерий, основанный на превышении фиксированной критической частоты, является недостаточно представительным, так как дисперсия колебаний уровня в Балтийском море, в зависимости от района меняется в несколько раз.

В данной главе сформулирован статистический критерий выделения штормовых нагонов в Финском заливе. Универсальный критерий штормовых нагонов базируется на использовании среднеквадратического отклонения уровня ( $\sigma$ ). Штормовыми нагонами принимаются ситуации, когда уровень моря превышает значение  $3\sigma$ , а за продолжительность штормовых нагонов – период в часах, когда значения уровня были  $>3\sigma$ .

#### Замечания ко второй главе:

1. Использование критерия трех сигм требует исследования соответствия распределения уровня моря распределению Гаусса. Данного исследования в работе не приводится. В метеорологии при выделении экстремальных значений различных параметров отказались от данного

критерия, так как распределение многих параметров не соответствует распределению Гаусса. По этой причине используются процентиля (менее 5% и более 95% или менее 10% и более 90%) на «реальном» распределении какого-либо параметра. Это исследование на критерий выделения штормовых нагонов по данным ежечасных измерений уровня моря на уровнях постах в диссертационной работе нет.

2. В анализе повторяемости штормовых нагонов, выделенных по предложенному критерию, вводится понятия «значимых» и «незначимых» трендов. При этом данные определения не сформулированы.

Третья глава посвящена исследованию изменчивости термохалинной структуры водных масс Финского залива. Показано, что в периоды формирования наводнений турбулентного перемешивания образуется мощный квазиоднородный слой, достигающий глубин 30–55 м, ниже которого располагается выраженный пикноклин. Таким образом, создаются благоприятные условия для генерации и эволюции бароклинных топографических волн, которые могут оказывать заметное влияние в формирование опасных подъёмов уровня на востоке Финского залива во время штормовых нагонов. Это подтверждается как результатами модельных расчётов, так и *in situ* измерениями.

В четвертой главе представлены результаты исследования нестационарности статистической связи между течениями и касательным трением ветра во время штормовых нагонов. Взаимный корреляционный анализ выявляет очень сложный характер статистической связи между касательным трением ветра и течениями во время штормовых нагонов.

Пятая глава посвящена исследованию механизмов межгодовой изменчивости штормовых нагонов. Результаты исследования не подтверждают гипотезы о влиянии межгодовой изменчивости разнообразных характеристик атмосферных циклонов на увеличение частоты штормовых нагонов, вызывающих наводнения в устье Невы в последние десятилетия.

Проведённый анализ метеорологических характеристик показывает отсутствие значимых линейных трендов в изменениях параметров циклонов. Межгодовая изменчивость бароклинных условий Балтийского моря оказывает заметное влияние на частоту опасных подъёмов уровня на востоке Финского залива.

В главе проведено исследование влияния межгодовой изменчивости сезонных колебаний уровня моря, рассчитанной по данным спутниковой альтиметрии, на штормовые нагоны. Для этого был проведён скользящий гармонический анализ годовой, полугодовой компоненты, треть-годовой и четверть-годовой гармоник. Максимумы сезонных колебаний уровня в Финском заливе отмечаются всегда осенью и зимой поэтому делается предположение о том, что сезонные колебания оказывают значительное влияние на формирование опасных подъёмов уровня моря во время штормовых нагонов в Финском заливе. Однако в Финском заливе не отмечалось значимых трендов в изменениях составляющих сезонных колебаний уровня, рассчитанного по данным спутниковой альтиметрии.

#### Замечания ко пятой главе:

1. Использование массива комбинированных альтиметрических данных нескольких спутников на регулярной сетке, не корректно для проводимого исследования. Достаточно было использовать данные спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1/2/3, которые с достаточной плотностью покрывают Финский залив. При создании массивов данных аномалий уровня на регулярной сетке используется алгоритм оптимальной интерполяции, который может вносить ошибки при исследовании сезонной изменчивости уровня.

В Заключении автор формулирует основные результаты, полученные в ходе работы над диссертационной работой, и обосновывает их значимость для научных и практических задач.

Диссертационная работа Сухачёва В.Н. является законченным, качественно выполненным научным исследованием. Несмотря на наличие в

работе ряда несущественных недостатков, они не снижают общую значимость работы, ее достоверность и научную новизну.

Диссертация Сухачёва Владимира Николаевича на тему «Штормовые нагоны в Финском заливе Балтийского моря» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Сухачев Владимир Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – «Океанология». Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета

Главный научный сотрудник лаборатории геоинформатики и

Геомагнитных исследований

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Геофизический Центр Российской академии наук,

Доктор физико-математических наук

по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»

  
Лебедев Сергей Анатольевич

119296, г. Москва, ул. Молодежная, д.3

E\_mail: s.lebedev@gcras.ru

Тел.: +7(495) 930-05-46

Факс: +7(495) 930-05-06

9 октября 2023 года

Подпись сотрудника С.А. Лебедева удостоверяю:

Главный специалист по кадрам

ФГБУН Геофизический Центр РАН

  
Дасаева Вера Петровна

